Ingeniería de aguas residuales/Versión para imprimir

< Ingeniería de aguas residuales

Contenido

Ingeniería de aguas residuales



Introducción:

El **agua**, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de **contaminación**, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos han conducido a un deterioro importante de los mismos.

Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la **protección del mismo** como garantía de un abastecimiento futuro y de un **desarrollo sostenible**.

La *ley de aguas de 1.985 y su modificación por la ley 46/1.999 de 13 de diciembre*, junto con la nueva *Directiva Marco* europea para la política de agua suponen un cambio importante en los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica e introducen la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.

Índice detallado de este curso

Enlaces útiles

Texto completo de este curso

Calidad del agua. Marco jurídico

Introducción

Sumario

El **agua**, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de **contaminación**, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos han conducido a un deterioro importante de los mismos.

Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la **protección del mismo** como garantía de un abastecimiento futuro y de un **desarrollo sostenible**.

La *ley de aguas de 1.985 y su modificación por la ley 46/1.999 de 13 de diciembre*, junto con la nueva *Directiva Marco* europea para la política de agua suponen un cambio importante en los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica e introducen la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.

El concepto de calidad en el agua

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversa normativa, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

La incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales. Se hace por tanto necesario establecer los criterios de calidad que han de reunir las aguas residuales antes de ser evacuadas en un sistema receptor.

La consideración de los criterios de calidad de los vertidos resulta insuficiente como garantía de conservación de los recursos hídricos, de manera que éstos se mantengan en condiciones tales que aseguren su disponibilidad en un futuro en cantidad y calidad adecuada. Esta garantía viene dada por el mantenimiento de las condiciones ambientales naturales que permitan preservar el equilibrio autorregulador de los ecosistemas acuáticos.

De aquí surge la necesidad de definir un nuevo concepto de calidad que se desvincule totalmente de los usos, y que tenga como punto de referencia el propio recurso en sí y no los fines a los que se destina.

Esta sería la CALIDAD INTRÍNSECA O NATURAL DE LAS AGUAS, que se define por las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana.

Normativa de calidad de aguas en función del uso

En base a la vinculación entre calidad de aguas y sus usos, se establecen estándares y criterios de calidad específicos que definen los requisitos que ha de reunir un determinado agua para un fin concreto, requisitos que, generalmente, vienen expresados como rangos cuantitativos de determinadas características fisicoquímicas y biológicas.

Una vez establecidos estos criterios de calidad en función del uso, se promulgan leyes y se desarrollan programas orientados a garantizar el cumplimiento de dichos criterios. Así, la normativa española y europea en materia de calidad de aguas se recoge en la siguiente tabla:

NORMATIVA EUROPEA NORMATIVA ESPAÑOLA

Abastecimiento humano (captación) Directiva 75/440/CEE. R.D. 927/1988 (Anexo I del R.A.P.A. y P.H.*). Orden 11/05/1988 y Orden 15/10/1990.

Abastecimiento humano (agua potable) Directiva 80/778/CEE Directiva 98/83/CE R.D. 1423/82, R.T.S.** para aguas potables

Baño (uso recreativo)

Directiva 76/160/CEE R.D. 927/1988 (Anexo II del R.A.P.A. y P.H.*).

Agua para la cría de moluscos Directiva 79/23/CEE R.D. 927/1988 (Anexo IV del R.A.P.A. y P.H.*).

Agua para la vida piscícola Directiva 78/659/CEE R.D. 927/1988 (Anexo III del R.A.P.A. y P.H.*).

Contenido

- R.A.P.A. y P.H.: Reglamento para la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.
    - R.T.S.: Reglamento Técnico Sanitario

Como ejemplo de este tipo de normativa, se recoge a continuación un breve desarrollo de lo dispuesto en la Directiva 75/440/CEE.

Directiva 75/440/CEE: relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los estados miembros Consideraciones generales.

- Se trata de una norma con finalidad ambiental (no sanitaria).
- Situación de partida (ideal): todos los abastecimientos de aguas a poblaciones poseen un tratamiento adecuado para potabilización de as aguas servidas.
- Se pretende que las condiciones aceptables para un tramo de río inmediatamente aguas arriba de una derivación para abastecimiento no se vean perturbadas.

Clasificación de las aguas superficiales.

- A1: sólo precisan tratamiento físico simple y desinfección.
- A2: tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- A3: tratamiento físico y químico intensivos y desinfección.
- Se fijan dos series de límites. Unos imperativos y otros niveles guía.

Gestión de las aguas.

- Para cada punto de toma de muestras se establecerá en nivel de calidad, según el tipo de tratamiento.
- Gestión: medidas para que las aguas se ajusten a valores definidos. Paralelamente, se debe garantizar la mejora continua del medio.

Control de calidad.

- Toma periódica de muestras y análisis.
- Es conforme la calidad:
    - si el 95% de las muestras son conformes con sus límites en las columnas I
    - si el 90% de las muestras conformes con sus límites en las columnas I y G
    - si el 5 ó el 10% no conforme no supera en más del 50% los límites y no hay peligro para la salud pública

Normativa en función de los efectos de la actividad humana

La consideración de los efectos de la actividad humana en las aguas naturales se puede contemplar desde diferentes puntos de vista, en función del medio que recibe el efluente (aguas subterráneas, continentales o litorales) y del origen de los vertidos (directos e indirectos).

Se establecen niveles de calidad para la evacuación de vertidos en sistemas acuáticos naturales, lo cual supone un avance con respecto al concepto de calidad tradicional, ligado al uso, y constituyen una medida de protección para estos sistemas.

Estos criterios de calidad se reflejan en la siguiente normativa.

	Normativa europea	Normativa española
Vertidos a aguas subterráneas	Directiva 80/68/CEE.	Ley de Aguas. R.D. 849/1986 Reglamento del D.P.H. R.D. 1315/92 de 30 de octubre
Vertidos a aguas litorales	Directiva 76/464/CEE. Directiva 91/271/CEE. Directiva 91/676/CEE.	Ley 22/1988 de Costas. R.D. 1471/1.989. R.D. 261/96 Decreto 141/996 (Andalucía).
Vertidos a aguas continentales	Directiva 76/464/CEE. Directiva 91/271/CEE.	Ley de Aguas. R.D. 849/1986 Reglamento del D.P.H.

	Directiva 91/676/CEE.	R.D. 1315/92 de 30 de octubre.

En esta normativa se tratan diferentes asuntos relacionados con la calidad de las aguas, como es la protección contra la contaminación causada por sustancias peligrosas, el tratamiento y vertido de aguas residuales urbanas e industriales o la contaminación por nitratos a partir de fuentes agrícolas.

A continuación se presentan, de forma esquemática, el contenido de las Directivas que se han mencionado.

Directiva 76/464/CEE: relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas desde fuentes terrestres en el medio acuático.

Consideraciones generales.

- Aplicable a aguas continentales y costeras.
- El objeto es regular los vertidos, para lo que se exige autorización administrativa.

Clasificación de las sustancias.

- Lista I: sustancias que, por su toxicidad, persistencia o bioacumulación deben ser reguladas con mayor rigor.
- Lista II: sustancias perjudiciales, de menor peligrosidad, cuyo vertido pueda ser considerado de efectos limitados según las características de las aguas receptoras.

Modalidades de reglamentación.

- Normas de emisión: se fijan valores que no deben ser superados en el efluente
- Objetivos de calidad: se fijan concentraciones máximas en las aguas receptoras.

Gestión de los vertidos.

- Vertidos que contengan sustancias de la Lista I. Se pretende la eliminación de la contaminación producida por estas sustancias y se establecen las siguientes obligaciones:
  - Autorización de los vertidos. Se fijarán normas de emisión.
  - Inventario de vertidos.
  - Redes de vigilancia.
- Vertidos que contengan sustancias de la Lista II. Se pretende reducir la contaminación inducida por el vertido de estas sustancias se establecen las siguientes obligaciones:
  - Autorización de los vertidos. Se fijarán normas de emisión.
  - Programas de reducción de la contaminación. Objetivos de calidad.
  - Notificación a la Comisión de programas y resultados.

Directiva 80/68/CEE: relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas.

Directiva 80/68/CEE: relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas.

- Aplicable a aguas subterráneas.
- Clasificación de sustancias en listas I y II (no idénticas a las de la Dir. 76/464/CEE).
- Se distinguen vertidos directos e indirectos (los que se filtran).
- Los vertidos requieren autorización. Criterios:
  - Impedir la introducción de vertidos de lista I en los acuíferos.
  - Limitar la introducción de sustancias de lista II.

Directiva 91/271/CEE: relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas Consideraciones generales.

- Recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales.
- Protección del medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos.

Sistemas de tratamiento y vertido.

Eutrofización

- Se establece un calendario para equipar las aglomeraciones urbanas con sistemas colectores y de tratamiento de aguas residuales.
- Se determina el tipo de tratamiento que es aplicable para cada caso.
- Los plazos y los tratamientos se establecen en función del número de habitantes equivalentes y de

las características del medio receptor .

Directiva 91/676/CEE: relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.

Consideraciones generales.

- Aplicable a aguas superficiales y subterráneas afectadas por la contaminación por nitratos, o que puedan serlo.

Medidas aplicables.

- Se establecen códigos voluntarios de buenas prácticas agrarias.
- Se limita el esparcimiento de los abonos que contengan nitrógeno
- Se fijan límites para el esparcimiento de efluentes de origen ganadero.

Normativa para conseguir el buen estado de las aguas

La calidad ambiental o calidad ecológica de las aguas, viene dado por las características que definen un ecosistema sano, que es aquel que posee un alto nivel de biodiversidad, productividad y habitabilidad y que se pone de manifiesto por una serie de indicadores concretos, propios de cada ecosistema.

Establecer los criterios e indicadores de calidad de un sistema natural no es fácil, y el objetivo de los mismos es proporcionar una herramienta que permita clasificar los ecosistemas según su grado de deterioro ambiental. Esta clasificación ha de servir para tomar las medidas necesarias y diseñar un plan estratégico de recuperación de los mismos.

Estas acepciones del concepto de calidad del agua, quedan recogidos en la nueva directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas en la Comunidad Europea. En ella se determinan las líneas a seguir para establecer los criterios de calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, criterios que los países miembros deberán garantizar y preservar.

En esta nueva directiva se relega el concepto de calidad y se introduce el término de ESTADO DE LAS AGUAS. El estado de una masa de agua natural viene dado por su estado ecológico y su estado químico. Se considera que las aguas se encuentran en un buen estado cuando su estado ecológico y su estado químico sean buenos.

El estado ecológico de un agua sería una expresión de la calidad de la estructura y del funcionamiento del ecosistema y cuyos criterios de clasificación (muy bueno, bueno y aceptable), en función del tipo de ecosistema acuático de que se trate, se recogen en los anexos de la directiva.

El buen estado químico de un agua será el necesario para cumplir los objetivos medioambientales que se definan.

Así mismo se incluye el término de "estado cuantitativo" de un agua, entendiendo como tal una expresión del grado en que afectan a una masa de agua subterránea las extracciones directas e indirectas.

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas en la Comunidad Europea Consideraciones generales.

- Visión global, al tratar diferentes aspectos sobre el agua.
- Inclusión del concepto de estado ecológico de las aguas.
- Gestión única de las demarcaciones hidrográficas.
- Tratamiento específico de las aguas subterráneas.
- Utilización de nuevas estrategias para combatir la contaminación.
- Estudios económicos
- Tratamiento conjunto de las aguas superficiales

Objetivo.

- Prevenir cualquier deterioro adicional en la cantidad y calidad de todas las aguas de Europa.
- Conseguir un "buen estado" de todas las aguas antes del año 2015 ("buen estado ecológico" y "buen estado químico")

Determinación del mapa del estado ecológico de las aguas.

- Asignación de las aguas superficiales a tipos ecológicos.
  - Gran cantidad de masas de agua con condiciones naturales diferentes.
  - Cada masa de agua se debe asignar a un tipo para facilitar comparaciones y desarrollar un lenguaje común.
  - Se establecen dos sistemas (A y B) para la asignación de los tipos.
- Establecimiento de condiciones de referencia.
  - Condiciones hidromorfológicas y fisicoquímicas específicas. Deben representar el “muy buen estado ecológico” (sin impacto humano).
  - Se establecerán condiciones biológicas de referencia, que representen los valores de los indicadores de calidad biológica.
- Establecimiento de los límites muy bueno/bueno/aceptable
  - Los resultados de los sistemas de control se expresarán como índices de calidad ecológicos.
  - El índice se expresará como un valor numérico variable entre 0 y 1.
  - Los límites se establecerán mediante un sistema de intercalibración organizado por la Comisión.
- Control y asignación de estados
  - Tiene que cubrir, al menos, los parámetros indicativos de cada uno de los indicadores de calidad establecidos. **Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas en la Comunidad Europea**
  - Comparación del valor de los parámetros con el de las condiciones de referencia.
  - Cada indicador será definido como muy bueno, bueno, aceptable, deficiente o malo.
- Mapa del estado de las aguas.
  - Para cada demarcación hidrográfica, se clasificará el estado ecológico de cada masa de agua con código de colores:
    - Muy bueno: azul.
    - Bueno: verde.
    - Aceptable: amarillo
    - Deficiente: naranja.
    - Malo: rojo.
  - Se clasificará el estado químico de las masas de agua superficial:
    - Bueno: azul.
    - No alcanza el buen estado: rojo.
  - Buen estado químico: cuando cumpla todas las normas de calidad medioambiental.

Estrategias para combatir la contaminación.

- Estudio de las repercusiones de la actividad humana. Identificación y estimación de las presiones, evaluación de los impactos.
- Protección de aguas potables y otras zonas protegidas. Registro de zonas protegidas y control y protección de las masas de agua utilizadas para la captación de agua potable.
- Programas de vigilancia y control. Se establecerán programas de seguimiento del estado de las aguas.
- Enfoque combinado para el control de vertidos.
- Programa de medidas básicas y complementarias.

Características de las aguas residuales

NECESIDAD DE CONTROLAR ANALÍTICAMENTE EL AGUA.

Parece evidente que las características de un determinado tipo de agua que va a ser utilizada para un uso concreto serán diferentes, o cuanto menos, no tienen por qué ser idénticas para el agua destinada a otro fin.

En cualquier caso, el control analítico exhaustivo, sistemático y periódico de un agua viene impuesto por dos condicionantes de tipo general:

- Contrastación y comprobación de sus características físicas.

- Complementando y apoyando lo anterior con fuerza para ser exigido legalmente, se encuadra el aspecto relativo a regulaciones, normativas y leyes de diferentes ámbito territorial de aplicación que han de ser inexcusablemente cumplidas en cuanto al control de la calidad del producto “agua”.

Además, debe controlarse el agua bruta no tratada (agua natural de ríos, embalses y lagos) que pueda ser susceptible de diferentes usos (potabilización, cría de peces, moluscos, riegos, usos recreativos) a fin de determinar la posibilidad o no del uso previsto, así como el grado de tratamiento industrial necesario para lograr su adecuación de calidad. Para esta faceta también se dispone de las correspondientes normativas nacionales, derivadas a su vez, en el caso de España de la Directiva de la CEE.

Otro aspecto a considerar: el de las aguas negras o vertidos residuales líquidos domésticos y/o industriales. También han de ser sistemáticamente analizados y controlados debido, de una parte a la valoración de su posible incidencia negativa sobre el medio ambiente, y la necesidad ulterior de su depuración antes de su expedición a aquel. Se intentaría evitar de este modo en lo posible, el alto grado de polución provocado por estas aguas residuales.

En segundo lugar, existen otras regulaciones y normativas (nacionales, autonómicas y municipales) que imponen un control de emisiones encaminado a la preservación del cada vez más degradado medio ambiente.

Finalmente, otro aspecto justifica la necesidad del control sistemático del agua: los procesos de potabilización y/o depuración de agua La única forma razonable, coherente y lógica de asegurarse el explotador de una ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) o EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) que el Rendimiento del proceso aplicado es o no el esperado, es decir;- que deben o no acometerse modificaciones en las diferentes fases del tratamiento industrial de un agua, pasa por la comprobación vía laboratorio, vía instrumentación de planta en continuo, de algunas características “claves” de calidad del agua en fase de tratamiento.

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

AGUA RESIDUAL: Aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado. Las A.R. cuando se desaguan se denominan VERTIDOS y éstos pueden clasificarse en función:

- Del uso prioritario u origen
- De su contenido en determinados contaminantes

Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser:

a) Según su Naturaleza:

i) Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río.

Generalmente: Compuestos Inorgánicos y estables (C1 ,SO4)

ii.) No Conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía Física, Química o Biológica (NH4 , fenoles, Materia Orgánica. . .)

Además, entre los compuestos existen fenómenos de tipo:

- Antagonismo: (1 Efecto) Ej. Dureza (al Zn)
- Sinergismo: (1 Efecto) Ej. Escasez de O(al Zn)

A continuación se va a realizar una descripción de los principales tipos de A.R.

AGUAS RESIDUALES URBANAS.

Procedencia de la contaminación en los núcleos urbanos:

- Servicios domésticos y públicos
- Limpieza de locales
- Drenado de Aguas Pluviales

Tipos de contaminantes:

- Materia Orgánica (principalmente) en suspensión y disuelta
- N; P; NaCl y otras sales minerales
- Microcontaminantes procedentes de nuevos productos

- Las A.R. de lavado de calles arrastran principalmente materia sólida

inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo -escape vehículos motor-, insecticidas -jardines-...)

Características Físico-Químicas

La Temperatura de las A.R. oscila entre 10-20 oC (15 oC) · Además de las cargas contaminantes en Materias en suspensión y Materias Orgánicas, las A.R. contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes... cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:

- N amoniacal: 3-10 gr/hab/d
- N total: 6.5-13 gr/hab/d
- P (PO_4^{3-}) ; 4-8 gr/hab/d
- Detergentes : 7-12 gr/hab/d

En lugares donde existen trituradoras de residuos sólidos las A.R.(aguas residuales)Urbanas están mucho más cargadas (100 % más)

Características Biológicas.

En las A·R. van numerosos microorganismos., unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la Hepatitis. Por ej. en 1 gr. de heces de un enfermo existen entre 10-106 dosis infecciosas del virus de la hepatitis.

El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos COLIFORMES. Cada individuo evacua de 105-4x105 millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección.

Las A.R.Urbanas contienen: l06 colif. totales / 100 ml

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. .

Líquidos Residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar, los alpechines...

Se debe intentar la recuperación de subproductos A.R. de Proceso: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa... y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales.

Generalmente su contaminación es <10% de la de los líquidos residuales aunque su volumen es 10-50 veces mayor.

Aguas de Refrigeración Indirecta: No han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura.

Ahora bien, hoy día hay que considerar también la existencia de productos que evitan problemas de explotación (estabilizantes contra las incrustaciones y corrosiones, algicidas...) que pueden ser contaminantes.

Tipos de Vertidos Industriales.

i) Continuos: Provienen de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (Procesos de Transporte, lavado, refrigeración...)

ii) Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (Baños de decapado, baños de curtidos, lejías negras, emulsiones...)

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

Se clasifican en 5 grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las A.R.

CLASIFICACIÓN DE LAS INDUSTRIAS SEGÚN SUS VERTIDOS:

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS

- Papeleras
- Azucareras
- Mataderos
- Curtidos
- Conservas (vegetales, carnes, pescado...)
- Lecherías y subproductos [leche en polvo, mantequilla, queso...)
- Fermentación (fabricación de alcoholes,levaduras...)
- Preparación de productos alimenticios (aceites y otros)
- Bebidas
- Lavanderías

INDUSTRIAS CON EFLUENTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

- Refinerías y Petroquímicas
- Coquerias
- Textiles
- Fabricación de productos químicos, varios

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS

- Limpieza y recubrimiento de metales
- Explotaciones mineras y salinas
- Fabricación de productos químicos, inorgánicos.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES CON MATERIAS EN SUSPENSIÓN

- Lavaderos de mineral y carbón
- Corte y pulido de mármol y otros minerales
- Laminación en caliente y colada continua.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES DE REFRIGERACIÓN

- Centrales térmicas
- Centrales nucleares

Contaminación Característica de la Industria.

Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e incidencia en el medio receptor. Cuando se conoce el origen del vertido, el número de parámetros que definen la carga contaminante del mismo es reducido.

Valoración de la Carga Contaminante que vierte la industria.

Para superar la dificultad que supone generalizar esta valoración (pues no existen 2 industrias iguales), al menos cuando se trata de estimar la carga contaminante contenida en las A.R. con vistas al dimensionamiento de su planta depuradora, se ha recurrido al concepto de "POBLACION EQUIVALENTE". Este valor se deduce dividiendo los Kgr. de DBO(demanda biológica de oxígeno) contenidos en el A.R., correspondiente a la producción de una unidad determinada, por la DBO que aporta un habitante por día, valor para el que en Europa se considera un valor medio de 60 gr. Ahora bien, dado que el término "Población Equivalente" sólo se refiere a una contaminación de carácter orgánico, a la hora de dimensionar la planta depuradora seria necesario, al menos, tener en cuenta además de la DBO, los Sólidos en Suspensión (SS).

En Francia se basaron en los parámetros de DQO, DBO y SS para el cálculo del canon de vertido. · En Francia y Cataluña existen tablas que establecen el canon de vertido industrial en función de la producción de la actividad o el número de operarios. Estos valores los aplican las Agencias Financieras de Cuenca.

Posterior se han introducido además Sólidos Disueltos (medidos por la conductividad en mho/cm); N y P

Características Medias Típicas de las Aguas Residuales de algunas Industrias.

No obstante las dificultades apuntadas para establecer unos valores para las características de las A.R., a continuación señalamos como orientación los valores más frecuentes para algunas industrias.

CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PAPELERA

- Color
- Materia en suspensión y decantable
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- En algunos casos (muy pocos) el pH -

INDUSTRIA LECHERA

- DBO5 u otra determinación que nos defina la materia orgánica

INDUSTRIA DEL CURTIDO

- Alcalinidad
- Materia en suspensión y decantable
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- Sulfuros
- Cromo

REFINERÍAS

- Aceites
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- Fenoles
- Amoniaco
- Sulfuros

INDUSTRIAS DE ACABADO DE METALES

- pH
- Cianuros
- Metales, según el proceso de acabado

LAVADEROS DE MINERAL

a) Si son de hierro:

- Sólidos sedimentables
- Sólidos en suspensión después de decantación

b) Si son de otros materiales habrá que detectarlos así como a los productos tóxicos orgánicos que pueden emplearse como agentes humectantes o flotantes

SIDERURGIAS INTEGRAL

- Fenoles
- Alquitranes
- Cianuros libres y complejos
- DBO5
- Sulfuros
- Materias en suspensión
- pH
- Hierro
- Aceites y grasas

LAMINACIÓN EN CALIENTE

- Aceites y grasas
- Sólidos en suspensión

PLANTAS DE ACIDO SULFURICO

- Ácidos

- Sólidos sedimentables
- Arsénico, selenio y mercurio

CONTAMINANTES ESPECÍFICOS.

Son microcontaminantes derivados principalmente de los adelantos de las tecnologías industriales y que a muy escasa concentración (ppm) tienen un efecto perjudicial.

Son por ej: Agentes Tensoactivos, Pesticidas, Derivados Halogenados o Fosforados de Hidrocarburos, Compuestos Orgánicos específicos, Sales Metálicas, Compuestos eutrofizantes...

Valoración y Clasificación de los Contaminantes Específicos.

La evaluación de los riesgos potenciales ocasionados por los Contaminantes Específicos requiere conocer aspectos tales como los que aparecen a continuación:

- Tipo y estructura del compuesto químico
- Propiedades físicas y químicas fundamentales, biodegradabilidad
- Producción total
- Orígenes y vías de distribución, funciones para las que se utiliza y lugares de aplicación
- Condiciones prácticas en las que se realizan a los cauces, los vertidos que contienen esos contaminantes químicas, microbiológicas, radiológicas y toxicológicas en general, así como evaluación periódica de su estado de calidad.
- Cumplimiento de las normativas legales impuestas por las autoridades en materias de aguas, que imponen unos determinados y secuenciales controles analíticos.

En el campo del agua potable de consumo público, los dos puntos anteriores se explicitan y concretan teniendo en cuenta el suministrador de agua potable (pública de red o bien envasada) que ha de asegurarse con un límite razonable de confianza de que el producto servido “siempre” es potable, es decir, puede ser ingerido sin peligro de provocar ningún tipo de intoxicaciones (microbiológicas y/o fisico-químicas) en el potencial consumidor.

Esto podría venir marcado por, la “ética” y la “honestidad” de cada suministrador.

- Cantidades que se vierten según condiciones de utilización.
- Efectos tóxicos u otros efectos nefastos de los contaminantes sobre la calidad de las aguas y su ecología (persistencia, bioacumulación).
- Medios técnicos existentes de lucha contra la contaminación.

Control de vertidos

1. INTRODUCCIÓN:

Se define vertido como material de desecho que las instalaciones industriales o energéticas arrojan a vertederos o al agua.

Los vertidos se pueden clasificar según su origen en vertidos urbanos o vertidos industriales. Las características principales de estos tipos de vertidos se han visto en otros capítulos, por lo que en este apartado nos vamos a centrar en la planificación de un control de vertidos y de una campaña de muestreo.

2. CARACTERIZACIÓN DE UN VERTIDO

A la hora de atacar el estudio de un vertido, lo primero que hay que hacer es caracterizarlo. La caracterización del vertido consiste en la descripción física, química y biológica del efluente en cuestión. Para ello habrá que determinar una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos. Parte de estas determinaciones se hacen en el laboratorio y otra parte en campo, mediante mediciones in situ o encuesta.

En campo se mide temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y caudal. Estos son los parámetros más comunes, aparte, también se puede medir cloro total, residual, color, turbidez....

Los parámetros más usuales en laboratorio son DQO, DBO, TOC, cloruros, nitratos, nitritos, sulfitos, amonio, nitrógeno total, detergentes, fenoles, plaguicidas, metales pesados, hidrocarburos, microbiología. A esta lista se le pueden añadir otros parámetros más específicos, dependiendo de la naturaleza del vertido, como pueden ser la radiactividad y otros.

3. PLANIFICACIÓN DE UNA CAMPAÑA DE MUESTREO:

Para poder hacer una buena caracterización de un vertido, es fundamental una correcta planificación de la campaña de muestreo, ya que la validez del posterior trabajo de laboratorio depende de la representatividad de las muestras que se van a analizar.

A la hora de planificar el control de un vertido hay algunas particularidades que hay que tener en cuenta.

3.1.Elección del punto de toma de muestra y toma de muestra:

En industrias suele ser la arqueta de salida. Normalmente en un control no nos interesan detalles del proceso productivo, sino la calidad y cantidad del efluente que llega al cauce receptor. La arqueta de salida nos permite tomar una muestra del efluente resultante de la mezcla de todas las aguas de los distintos procesos de la industria.

El vertido puede ser en continuo o en discontinuo y la composición y caudal de éste puede variar dependiendo de la hora del día e incluso de la estación del año. Para intentar tener en cuenta esta variabilidad, la toma de muestras se suele realizar en turnos de 24 h. tomando cada hora una muestra. Hay que anotar los datos de campo de cada toma (Tª, pH, conductividad, caudal, etc…) y posteriormente realizar una muestra compuesta de las anteriores.

La medida de caudal se realiza en el momento de la toma de muestra. Para aforar una arqueta de salida, es preciso obtener el dato de la sección de la lámina del efluente y la velocidad que éste lleva. El efluente suele llegar en tubería, por lo que se mide la altura de la lámina de agua y, sabiendo el diámetro de la tubería se obtiene la sección (generalmente se dispone e unas tablas e conversión que facilitan el cálculo). Para calcular la velocidad se utiliza una sonda de velocidad. Otra alternativa es instalar un caudalímetro. El caudal es el producto del área de la sección de la lámina de líquido multiplicado por la velocidad que éste lleva.

Hemos seleccionado el punto de toma de muestra en una industria. Si fuésemos a un vertido en un tramo de río, el estudio se complica. El punto de toma de muestra en el río estará situado en la zona donde se haya producido el vertido o incidencia. Como la muestra debe ser representativa del vertido, hay que tomarla en un punto que esté alejado de la orilla (en una zona de profundidad media del tramo de río), donde se produzca mezcla, por ejemplo en una zona de corriente. Además interesa tomar una muestra del vertido en sí, otra aguas arriba del vertido para tener un “blanco”, es decir, tener datos del agua de ese río antes de que se produzca el vertido. Aguas debajo del vertido se tomarán a intervalos de distancias fijas (que podrán ser desde metros hasta kilómetros dependiendo del tipo de vertido y de las características del río) para observar como afecta la dilución al vertido. Y, si se puede, una muestra del vertido antes de entrar al cauce.

En embalses, por ejemplo, el agua está estratificada. Por efecto del calentamiento en superficie y, al tratarse de un cuerpo de agua semicerrado se produce una termoclina con inversión térmica. El resultado es una estratificación por capas. Una primera capa con gradiente de temperatura inverso, y una capa inferior de temperatura constante baja y muy poco oxígeno disuelto. La toma de muestras debe integrar los distintos tipos de agua. Para situar las distintas capas se usa una sonda multiparamétrica, que es un aparato que mide distintos parámetros a la vez y a la profundidad que precisemos. La muestra se toma con una botella tomamuestras. Las hay de muy distintos tipos.

Tienen en común la característica de llenarse de agua a la profundidad que nos interesa.

Si se trata de aguas subterráneas, es necesario además medir el nivel del agua en el sondeo o en el pozo.

Hay que ser consciente de la importancia de las medidas in situ. Los equipos de campo deben estar en perfecto estado de funcionamiento y se deben calibrar antes de la medida. Los datos de campo sirven en muchas ocasiones para cálculos de canon de vertido, contraste de ensayos en laboratorio o para denunciar. Deben ser, por tanto, datos fiables.

Para finalizar con el punto de toma de muestra, decir que hay que situarlo geográficamente. Para ello debemos ir equipados con un GPS. Además hay que dibujar un croquis de acceso al punto y fotografiarlo. Éstos datos se reflejarán luego en una ficha del punto.

Los datos de campo se consignan en un estadillo. Puede ser que haya que rellenar, además una cadena de custodia, que es un documento donde quedan reflejadas todas las manipulaciones que sufre la muestra desde que es tomada por el técnico hasta su entrega en el laboratorio de análisis. Las muestras a su vez deben ir correctamente etiquetadas para su fácil identificación. Las etiquetas deben ser legibles. Si hay posibilidad de deterioro en el transporte (que se mojen con el hielo, que se manchen con el roce de unas con otras, etc...) se puede rotular el bote, etiquetar en el cuerpo y en el tapón. Cualquier solución es válida con tal de que la muestra esté siempre identificada.

3.2 Equipos de muestreo de campo

pH-METRO:

(falta imagen)

SONDA DE OXÍGENO DISUELTO:

(falta imagen)

SONDA MULTIPARAMÉTRICA:

(falta imagen)

EQUIPO PARA REALIZAR ANÁLISIS MICROBIOLOGICOS EN CAMPO:

(falta imagen)

ETIQUETA

(falta imagen)

CADENA DE CUSTODIA

(falta imagen)

ACTA

(falta imagen)

CROQUIS:

(falta imagen)

Documentación administrativa de control de vertidos

CONTROL DE VERTIDOS. DOCUMENTACIÓN ADMINISTRATIVA

ÍNDICE

1. **LEY 7/94, DE 18 DE MAYO, DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**
2. **DECRETO 156/1996, DE 30 DE ABRIL, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE INFORME AMBIENTAL**
3. **DECRETO 97/1994, DE 3 DE MAYO, DE ASIGNACIÓN DE COMPETENCIAS EN MATERIA DE VERTIDOS AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE Y DE USOS EN ZONAS DE SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN.** (BOJA 97/1994, de 28 de junio).
4. **DECRETO 14/1996, DE 16 DE ENERO, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS LITORALES.** (BOJA 19/1996, de 8 de febrero)
5. **ORDEN DE LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE 14 DE FEBRERO DE 1997, POR LA QUE SE CLASIFICAN LAS AGUAS LITORALES ANDALUZAS Y SE ESTABLECEN LOS OBJETIVOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS AFECTADAS DIRECTAMENTE POR LOS VERTIDOS, EN DESARROLLO DEL DECRETO 14/1996, DE 16 DE ENERO, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE CALIDAD DE LAS AGUAS LITORALES.** (BOJA 27/1997, de 4 de marzo. Corrección de errores BOJA 143/1997, de 11 de diciembre).
6. **DECRETO 334/1994, DE 4 DE OCTUBRE, POR EL QUE SE REGULA EL PROCEDIMIENTO PARA LA TRAMITACIÓN DE AUTORIZACIONES DE VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE Y DE USO EN ZONA DE SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN.** (BOJA 175/1994, de 4 de noviembre).
7. **LEY 221/1988 DE 28 DE JULIO DE 1988 DE COSTAS (BOE 181,DE 29/06/88)**
8. **ORDEN DE LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE 24 DE JULIO DE 1997, POR LA QUE SE APRUEBA EL PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES PARA EL OTORGAMIENTO DE AUTORIZACIONES DE VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE.** (BOJA 107/1997, de 13 de septiembre. Corrección de errores BOJA 76/1998, de 9 de julio).

(faltan vínculos a la legislación publicada)

Estación depuradora de aguas residuales

Introducción

Para entrar en materia, veamos que no todos los expertos en depuración, de los que desgraciadamente hay pocos, están de acuerdo con el término *Estación Depuradora de Aguas Residuales* (E.D.A.R.), algunos las llaman simplemente Estaciones Depuradoras (E.D.). Personalmente creo que es erróneo puesto que da lugar a confusión, ya que se puede confundir con una Estación de Tratamiento de Agua Potable (E.T.A.P), que comúnmente se llama depuradora; otros prefieren el término E.T.A.R., Estación de Tratamiento de Aguas Residuales, esto viene de la traducción inglesa del término Wastewater Treatment Plant (WWTP), en estas páginas usaré el término que considero mas apropiado, que es el de Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.)

Una EDAR no es más que una fábrica de agua limpia, a ella llega el agua sucia, Agua Bruta, y sale agua limpia, Agua Tratada.

Un gran error es no tratar una EDAR como lo que es, una fábrica, llega materia prima, Agua Bruta, y sale un producto, Agua Tratada, y varios subproductos, fangos y gas.

Gestionar una EDAR requiere una serie de conocimientos sobre Química, Física, Mecánica, Informática e Ingeniería, por lo que un buen jefe de planta debe de dominar todos y cada uno de estos temas. Desafortunadamente en España esto no es así y al frente de las EDAR hay personas poco a nada cualificadas que aprenden por ensayo error, con el perjuicio que esto conlleva, puesto que cada error en una EDAR significa que no se depura el agua y por tanto se vierten a ríos y mares aguas residuales. Más el costo impresionante de estos errores.

Una EDAR es una fábrica deficiente económicamente, una EDAR difícilmente ganará dinero y menos en los primeros años. Una vez más, en España esto no se entiende así y se cede su explotación a compañías privadas que tienen como objetivo la rentabilidad, y ésta, en una EDAR, se consigue dando un servicio llamémoslo suficiente, pero ni mucho menos el necesario, ya que para obtener beneficios, recortan gastos sobre todo en personal y en materiales.

No obstante el agua que sale de las plantas cumple con los requisitos exigidos por la legislación en la mayoría de los casos, y el agua sale de la planta con los parámetros exigidos, pero no se tiene en cuenta los, llamémoslos, daños colaterales, que la falta de medios con el fin de obtener beneficios ocasionan y en muchas ocasiones la falta de conocimientos. Entre estos daños encontramos los malos olores en las zonas colindantes de las EDAR, una EDAR siempre huele, sin embargo puede reducirse en cierta medida este impacto lo que en muchas ocasiones no se hace, unas veces por falta de medios y, en la mayoría de los casos, por falta de conocimientos y de profesionalidad de los jefes de planta, seleccionados digamos de forma anómala. Entre otros daños o immpactos negativos podemos contar la presencia de insectos. Estos y otro sistemas de Gestión de una EDAR se verán en su apartado correspondiente.

Por eso y otros motivos, conviene cambiar el enfoque y considerar a una EDAR como una fábrica de biosólidos (fangos) y considerar el resto: agua depurada, grasas, arenas, residuos sólidos, etc... como subproductos. De esta forma en vez de ver si una EDAR produce agua depurada, se debe de analizar la cantidad de biosólidos producidos ya que de esta forma sabremos realmente la calidad del agua depurada.

ESQUEMA DE EDAR

Una EDAR tiene dos líneas principales de trabajo, estas son la línea de agua, donde se trabaja con el agua y la línea de fangos donde trabajamos con los fangos o lodos, a continuación se incluye un esquema con las principales partes de una EDAR.

Pretratamiento

Introducción

La persona que escribió este articulo no sabía escribir, por lo cual este documento carece de buena redacción y coherencia en algunas oraciones. De una manera u otra casi todas las cosas terminan por llegar a la alcantarilla, y de esta a nuestra planta de tratamiento de aguas residuales. Latas, botellas, plásticos, trapos, ladrillos, piedras. Todos estos materiales, si no son eliminados eficazmente, pueden producir serias averías en los equipos. Las piedras, arena, latas, etc. Producen un gran desgaste de las tuberías y de las conducciones así como de las bombas.

A nuestra planta también llegan aceites y grasas de todo tipo, si estas grasas y aceites no son eliminados en el pretratamiento, hace que nuestro tratamiento biológico se ralentice y el rendimiento de dicho tratamiento decaiga, obteniendo un efluente de baja calidad.

Con todo lo anterior expuesto, podemos ver la importancia del pretratamiento, escatimar medios o esfuerzos en esta parte de la planta, es bajar rendimiento de todo la planta, aunque tuviera el mejor proceso biológico.

Objetivos

Con un pretratamiento pretendemos separar del agua residual tanto por operaciones físicas como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos,..)

Operaciones de pretratamiento

Las operaciones de pretratamiento incluidas en una E.D.A.R. dependen de:

- La procedencia del agua residual (doméstica, industrial, etc).
- La calidad del agua bruta a tratar (mayor o menor cantidad de grasas, arenas sólidos,...)
- Del tipo de tratamiento posterior de la E.D.A.R.
- De la importancia de la instalación
- etc.

Las operaciones son:

- Separación de grandes sólidos (Pozo de Gruesos)
- Desbaste
- Tamizado
- Dilaceración
- Desarenado
- Desaceitado-desengrasado
- Preaireación

En una planta depuradora no es necesaria la instalación de todas estas operaciones. Dependerá de las características antes descritas. Por ejemplo, para un agua residual industrial raramente será necesario un desbaste.

Separación de grandes sólidos (pozo de gruesos)

Cuando se prevé la existencia de sólidos de gran tamaño o de una gran cantidad de arenas en el agua bruta, se debe incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos, este consiste en un pozo situado a la entrada del colector de la depuradora, de tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas, con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona especifica donde se puedan extraer de una forma eficaz.

A este pozo se le llama *Pozo de Muy Gruesos*, dicho pozo tiene una reja instalada, llamada *Reja de Muy Gruesos*, que no es mas que una serie de vigas de acero colocadas en vertical en la boca de entrada a la planta, que impiden la entrada de troncos o materiales demasiado grandes que romperían o atorarían la entrada de caudal en la planta.

La extracción de los residuos se realiza, generalmente, con cucharas anfibias o bivalvas de accionamiento electrohidráulico. Los residuos separados con esta operación se almacenan en contenedores para posteriormente transportarlos a un vertedero o llevarlos a incineración.

En este sistema nuestra tarea consistirá en la retirada de estos grandes sólidos, para evitar que estos dificulten la llegada del agua residual al resto de la planta, y la de limpiar el fondo del pozo para que no se produzca anaerobiosis, y consecuentemente malos olores. También debemos de vaciar el contenedor de forma regular, si esto no es posible, utilizar un contenedor tapado.

Como se puede observar en la imagen del contenedor el suelo donde este está, tiene una serie de "raíles" esto no son mas que vigas de acero que sobresalen 1 o 2 cm del suelo con objeto de evitar que al dejar o recoger el contenedor este se deteriore. Estas vigas es recomendable situarlas también en el fondo del pozo de muy gruesos puesto que la cuchara puede deteriorar el suelo del pozo.

En ocasiones es interesante que se hagan unas perforaciones en la base y los laterales del contenedor,de forma que pueda salir el agua que arrastran los muy gruesos extraidos por la cuchara, puesto que sino al trasladar la carga este agua, que no deja de ser agua residual, caerá del contenedor, y es posible que el transportista se niege a llevarse el contenedor con ese agua. Esto nos crea otro problema que es mantener limpio el suelo donde tenemos el contenedor que se llena de charcos de agua residual, desde ahora agua bruta, por lo que con frecuencia debemos limpiar dicha zona, bastara con aplicar una manguera de agua limpia o de agua tratada, este agua debe volver mediante la canalización correcta la entrada de la planta.




Pozo y reja de muy gruesos de una EDAR



Pozo y cuchara bivalva cerrada



Cuchara Bivalva y contenedor

Desbaste

Los objetivos en este paso son:

- Proteger a la E.D.A.R. de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm. En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:
- Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja de finos: entre 6-12 mm. También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas igual para finos que para gruesos:
- Rejas de limpieza manual
- Rejas de limpieza automática

Rejas de limpieza manual

Se utilizan en pequeñas instalaciones o en grandes instalaciones donde ayudan a proteger bombas y tornillos en caso de que sea necesario utilizarlos para elevar el agua hasta la estación depuradora antes del desbaste. También se utilizan junto a las de limpieza automática, cuando estas ultimas están fuera de servicio.

Las rejas están constituidas por barrotes rectos soldados a unas barras de separación situadas en la cara posterior, y su longitud no debe exceder aquella que permita rastrillarla fácilmente con la mano. Van inclinados sobre la horizontal con ángulos entre 60-80º .

Encima de la reja se coloca una placa perforada por la que caerán los residuos rastrillados a un contenedor donde se almacenarán temporalmente hasta que se lleven a vertedero.

Con el objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre limpieza y limpieza, es necesario que la velocidad de aproximación del agua a la reja sea de unos 0,45 m/s a caudal medio. El área adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal de la reja y colocando ésta con una inclinación más suave.

Conforme se acumulan basuras, obturando parcialmente la reja, aumenta la pérdida de carga, sumergiendo nuevas zonas a través de las cuales pasará el agua.

Las tareas a realizar en las rejas de limpieza manual son:

- Vigilar que no se acumulen muchos sólidos en la reja, para lo cual debemos de limpiarla con cierta periodicidad, este período varia de una planta a otra siendo la experiencia del encargado el que determine este periodo. Las razones de tener que limpiar las rejas con cierta frecuencia es para evitar que se pudran los sólidos orgánicos allí retenidos, dando lugar a malos olores.
- Vaciar la cuba de los sólidos con cierta regularidad, por los mismos motivos antes expuestos.
- Reparar y sustituir los barrotes que se hayan roto.

Esta zona también es de piso muy resbaladizo, se debe andar con precaución para evitar caer en canal de desbaste o darse un golpe contra el piso. Por tanto, debemos de limpiar esta zona cuando empecemos a notar que el suelo se hace resbaladizo, usar zapatos con suela adecuada o poner en el suelo algún sistema antideslizante (mallazo de ferralla).

Problemas derivados: Como la limpieza se hace periódicamente, llegamos a un grado de colmatación de materia, que al ser eliminada puede provocar un aumento brusco de la velocidad de paso del agua a través de la reja, lo cual conlleva una menor retención de residuos y una disminución en el rendimiento. También existe el riesgo de estancamientos, o por descuidos, o por la llegada brusca de materias vegetales, pudiéndose dar también un desbordamiento. Con el objeto de evitar esto es necesario calcular ampliamente la superficie y la inclinación de la reja. Actualmente, se tiende a instalar rejas de limpieza mecánica aun en pequeñas instalaciones para reducir al mínimo el trabajo manual y los problemas derivados de un mantenimiento defectuoso.

Rejas de limpieza mecánica

Este tipo de rejas es fabricada por varias empresas especializadas y será el ingeniero que realiza el proyecto el que determine que tipo de equipo va a instalar, las dimensiones del canal de la reja, el intervalo de variación en la profundidad del flujo en el canal, la separación entre barrotes y el método de control de la reja.

La principal ventaja de este tipo de reja, es que elimina los problemas de atascos y reducen el tiempo necesario para su mantenimiento. Una reja mecánica va normalmente protegida por una pre-reja de barrotes más espaciados (50-100 mm), prevista generalmente, para limpieza manual, pero que deberá ser también automática en el caso de instalaciones importantes, o si el agua bruta llega muy cargada de materias gruesas. De los distintos tipos de mecanismo, el más utilizado consiste en un peine móvil, que periódicamente barre la reja, extrayendo los sólidos retenidos para su evacuación.

Las rejas pueden ser curvas o rectas, y a su vez la limpieza puede ser por la cara anterior o por la cara posterior, teniendo cada tipo de limpieza sus ventajas e inconvenientes:

- Las de limpieza anterior pueden sufrir posibles atascamientos cuando se depositan grandes sólidos, o gran cantidad de sólidos, al pie de la reja, provocando el bloqueo del mecanismo hasta que se elimine la obstrucción.
- Las de limpieza posterior no tienen este problema de obstrucción ya que las púas del peine, al desplazarse por detrás no están sujetas a bloquearse por formación de depósitos de materia al pie de la reja. Sin embargo, hay un mayor riesgo de rotura de los dientes ya que han de tener mayor longitud, y también existe el problema de que los sólidos que queden en retenidos en el rastrillo pueden ser retornados al agua bruta, ya que la limpieza del rastrillo en este sistema se sitúa abajo de la reja. En cuanto a su diseño, curvo o recto:
- Las rejas curvas son solamente de limpieza frontal, consistiendo dicho sistema en uno o dos peines situados al extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal. Están indicadas para instalaciones de importancia media con aguas poco cargadas. Su instalación se realizará en canales poco profundos, entre 0,4-2 m. La altura del agua ocupa normalmente el 75% de la longitud del radio. La eliminación de los residuos se realiza un poco por encima de la lámina de agua.
- Las rejas rectas pueden ser de limpieza frontal y de limpieza posterior, con numerosas variantes en su diseño en función del sistema de limpieza que se emplee (de cable con rastrillo, de cables con garfio, de cadenas de cremallera, de tornillos...). Se emplean en instalaciones de gran importancia y para grandes profundidades. Existen rejas que pueden funcionar en canales de hasta 10 m. de profundidad.

Automatismo y protección de las rejas mecánicas

El funcionamiento, generalmente discontinuo, del dispositivo de limpieza de la reja, puede automatizarse mediante:

- Temporización: Se establece la secuencia de funcionamiento del rastrillo mediante en reloj eléctrico de cadencia-duración regulable, en función del tiempo de funcionamiento diario calculado.
- Pérdida de carga: El dispositivo de limpieza se pone en marcha automáticamente cuando la pérdida de carga entre la zona anterior y la zona posterior de la reja, debido a su colmatación parcial, sobrepasa un valor establecido.
- Sistema combinado de temporización y pérdida de carga. Las rejas deben ir equipadas con un dispositivo limitador de par, para que en caso de sobrecarga o de bloqueo se pongan fuera de servicio, evitando el deterioro de las mismas.

Además, deberán instalarse dos o más rejas para que pueda quedar fuera de servicio una de ellas por bloqueo o por cuestiones de mantenimiento, sin tener que parar el desbaste. En caso de que solo hubiera una unidad instalada, será necesario establecer un canal de bypass con una reja de limpieza manual para ser usada en casos de emergencia. Dicho canal estará normalmente fuera de servicio impidiendo el flujo de agua a su través por medio de tablones de cierre o por una compuerta cerrada.

Consideraciones hidráulicas

La velocidad de paso a través de la reja debe ser el adecuado para que los Sólidos en Suspensión se apliquen sobre la misma sin que se produzca una pérdida de carga demasiado fuerte, ni un atascamiento en la parte profunda de los barrotes.

Como valores medios se estima que la velocidad de paso debe estar entre 0,6-1,0 m/s. a caudal máximo. La velocidad de aproximación a la reja en el canal debe ser mayor de 0,4 m/s, a caudal mínimo, con objeto de evitar depósitos de arena en la base de la unidad. A caudales máximos (lluvias y tormentas) la velocidad de aproximación debe aumentarse a 0,9 m/s. Para evitar que se depositen las arenas dejando bloqueada la reja cuando más necesaria es.

A la hora de calcular cual será la velocidad del agua a través de la reja, se supone que un 25-30 % del espacio libre entre los barrotes está ocupado por los residuos retenidos.

Se crean pérdidas de carga que varían entre 0.1-0.2 m para las rejas gruesas y entre 0,2-0,4 m para las rejas finas.

Volumen y evacuación de residuos retenidos

Los volúmenes obtenidos varían según la estación y según el tipo de agua residual, siendo bastante difícil de calcular si no se tienen datos reales. De todas formas, se toman como valores normales, según el tipo de reja:

- Reja fina: 6-12 l/d/1000 hab.

- Reja gruesa: 15-27 l/d/1000 hab.

En el caso de redes unitarias (engloba la misma depuradora las aguas domésticas y las de lluvia y riego), el volumen de residuos es muy variable debido a las tormentas y las lluvias. El volumen también varía según la longitud de los colectores y redes de alcantarillado, o si existen vertidos industriales intermitentes o estaciónales.

Los residuos retenidos se evacuan haciéndolos pasar de la reja a unas cintas transportadoras cuyo sistema de arranque y parada estará sincronizado con el de la reja. De la cinta caen a contenedores donde se depositan hasta su traslado a vertederos o a incineración. Pero en vez de recoger en una cinta transportadora, también podemos hacer caer los residuos a una arqueta de toma de un Tornillo de Arquímedes, dispositivo que permite una evacuación lateral y almacenamiento de residuos en un receptor de mayor capacidad. En plantas importantes se utilizan prensas hidráulicas especiales para detritus, previo a su depósito en contenedores. Con ello conseguimos reducir el volumen de residuos y además, disminuir los olores producidos por la materia orgánica en descomposición.

En caso de incineración, la temperatura debe ser mayor de 800 ºC para evitar que se produzcan malos olores. Las tareas a realizar son:

- Debemos observar, de vez en cuando, que el mecanismo funciona correctamente.
- Regular el temporizar dependiendo del volumen de sólidos que este llegando a la planta.
- Mantener limpia la zona de los sólidos que hayan podido caer de la cinta transportadora o de la prensa hidráulica.
- Realizar las tareas de mantenimiento del mecanismo del peine de limpieza, cinta transportadora y prensa hidráulica según las indicaciones de los fabricantes.

Siempre que nos acerquemos a los sistema de desbaste debemos desconectarlos, las maquinas de movimiento lento son especialmente peligrosas, pueden cortar un miembro con toda facilidad.

Tamizado

Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distingue entre:

- Macrotamizado: Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm.. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas,... de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.
- Microtamizado: Hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pretratadas.

Los tamices se incluirán en el pretratamiento de una estación depuradora en casos especiales:

- Cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos.
- Cuando existen vertidos industriales importantes provenientes princi- palmente del sector alimentario (residuos vegetales, de matadero, semillas, cáscaras de huevo,..).

Los tamices suelen ir precedidos por un desbaste de paso entre barrotes de 10-50 mm. Según el paso de malla del tamiz.

Vamos a desarrollar ahora los tipos de tamices:

- Macrotamices rotatorios: Se utilizan con aguas residuales poco cargadas. Consiste en un tambor cilíndrico de eje horizontal, en caso de que el nivel del agua varíe relativamente poco, o como una banda rotatoria sobre cadenas sin fin, cuando los niveles del agua sufren grandes variaciones. El tamiz va a estar parcialmente sumergido. El agua entra por el interior del tambor y sale al exterior quedando retenidos en las paredes internas del tamiz los residuos a eliminar. El tambor va rotando. En la parte superior del tambor los residuos van siendo eliminados mediante unos chorros de agua que los hacen salir al exterior. El paso de malla está entre 0,3 y 3,0 mm. La pérdida de carga es pequeña entre 0,2-0,5 m.
- Tamices de autolimpieza, estáticos o rotativos: Los tamices estáticos llevan una reja constituida por barrotes horizontales de acero inoxidable, de sección triangular. La inclinación sobre la horizontal disminuye progresivamente de arriba a abajo, pasando de unos 65º a unos 45º. El agua entra por arriba y pasa a través de los barrotes, mientras, la materia retenida va resbalando por el tamiz y saliendo al exterior donde se almacena en contenedores provisionalmente. Así obtenemos sucesivamente la separación, escurrido y evacuación de las materias sólidas.

Los tamices rotatorios están constituidos por una reja cilíndrica de eje horizontal con barrotes de sección trapezoidal, la cual gira lentamente. El agua cae por arriba entrando en el interior del tamiz, en tanto que la suciedad queda retenida en el exterior y son evacuadas a un contenedor provisional por medio de un rascador fijo. El paso de malla es de 0,2-2,0 mm. Las pérdidas de carga son elevadas, del orden de 2 m., lo que obliga la mayoría de las veces a un bombeo suplementario. Tienen el problema añadido de ser sensibles al atascamiento por grasas coaguladas.

Tamices deslizantes: Son de tipo vertical y continuo. El tamiz lleva a lo largo de él una serie de bandejas horizontales solidarias a la malla. En estas bandejas quedan retenidos los sólidos siendo eliminados en la parte superior por un chorro de agua a contracorriente. El paso de malla es de 0,2- 3,0 mm. Las tareas que debemos realizar en este punto son:

- Limpiar los tamices de las posibles obturaciones que se hayan podido formar.
- En las de tipo mecánico debemos realizar las tareas de mantenimiento recomendado por el fabricante

Dilaceración

Su objetivo es triturar las materias sólidas arrastradas por el agua. Esta operación no está destinada a mejorar la calidad del agua bruta ya que las materias trituradas no son separadas, sino que se reincorporan al circuito y pasan a los demás tratamientos, por lo que este paso no se suele utilizar, a no ser que no haya desbaste, con lo que si es necesario incluirlo en el diseño y funcionamiento de la planta.

Pero, a veces, aunque haya un desbaste previo, se suelen utilizar dilaceradores para tratar los detritus retenidos en las rejas y tamices, siendo después vueltos a incorporar al agua bruta.

Consta el dilacerador, de un tamiz tipo tambor que gira alrededor de un eje vertical provisto de ranuras con un paso entre 6-10 mm. Los sólidos se hacen pasar a través de unas barras de cizalladura o dientes cortantes donde son triturados antes de llegar al tambor. Se homogeneizan en tamaño y atraviesan las ranuras, saliendo por una abertura de fondo mediante un sifón invertido, siguiendo su camino aguas abajo.

Esta operación está muy cuestionada y actualmente casi ha desaparecido de la mayoría de las instalaciones. Primero, no es lógico mantener o retornar al proceso aquellos sólidos que pueden eliminarse por desbaste o tamizado, ya que lo que hacemos es empeorar la calidad del agua residual que va a ser tratada posteriormente. Segundo, en la práctica, esta operación presenta varios inconvenientes: La necesidad de una atención frecuente debido a que se trata de un material muy delicado; el peligro de obstrucción de tuberías y bombas provocada por la acumulación en masas de las fibras textiles o vegetales unidad a las grasas; y la formación de una costra de fango en los digestores anaerobios.

Las tareas a realizar son las que siguen:

- Vigilar las posibles obstrucciones de las tuberías.
- Reponer los dientes del tambor, en caso de rotura.
- Vaciar la poceta de los sólidos que pueden estar retenidos.

Todas estas operaciones las debemos de realizar con la maquina desconectada.

Desarenado

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

En caso de que sea necesario un bombeo, deben ir antes un proceso de desbaste y de desarenado. Pero hay veces que es conveniente situar el bombeo previo al desarenado aun a costa de un mayor mantenimiento de las bombas. Esto ocurre cuando los colectores de llegada están situados a mucha profundidad, cuando el nivel freático está alto, etc.

Los cálculos teóricos para el diseño de un desarenador están relacionados con los fenómenos de sedimentación de partículas granuladas no floculantes. Las velocidades de sedimentación se pueden calcular utilizando diversas fórmulas:

- de Stokes, en régimen laminar
- de Newton, en régimen turbulento
- de Allen, en régimen transitorio

A cualquiera de estas fórmulas hay que aplicarle una serie de correcciones que tengan en cuenta:

- La forma de las partículas o factor de esfericidad
- La concentración de sólidos en suspensión, si sobrepasan el 0,5%
- La velocidad de flujo horizontal

En la siguiente tabla podemos comprobar como varía la velocidad de sedimentación en función del diámetro de la partícula:

Diámetro partíc.(mm)	Veloc. sedimentación (m/h)
0,150	40-50
0,200	65-75
0,250	85-95
0,300	105-120

En cuanto al cálculo de las dimensiones de un desarenador:

- Su superficie horizontal se calcula en función de la velocidad de sedimentación de las partículas de menor tamaño que deben retenerse y del caudal máximo que circulará por el mismo.
- Su sección transversal es función de la velocidad horizontal de flujo deseada.

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es bastante menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores.

Pero en esta operación eliminamos también otros elementos de origen orgánico no putrescibles como granos de café, semillas, huesos, cascaras de frutas y huevos.., que sedimentan a la misma velocidad que las partículas de arena y cuya extracción no interesa.

Este problema se evita con el llamado Barrido o Limpieza de Fondo. Se explica por el hecho de que existe una velocidad crítica del flujo a través de la sección, por encima de la cual las partículas de un tamaño y densidad determinadas, una vez sedimentadas, pueden volver a ser puestas en movimiento y reintroducidas en la corriente. Teóricamente, para partículas de 0,200 mm de diámetro y peso específico 2,65, la velocidad crítica de barrido es de 0,25 m/s aunque en la práctica se adopta a efectos de diseño una velocidad de 0,30 m/s. Con esta velocidad se considera que las arenas extraídas salen con un contenido en materia orgánica inferior al 5%.

Tipos de desarenadores

Canales desarenadores

- De Flujo Variable: Se usan en pequeñas instalaciones. La arena se extrae manualmente de un canal longitudinal que tiene una capacidad de almacenamiento de 4-5 días.
- De Flujo Constante: Mantienen una velocidad constante de flujo de 0,3 m/s aproximadamente, de forma independiente al caudal que circule por ellos. Las variaciones de altura en el canal nos darán una medida de dicho caudal. El canal más utilizado es el Canal Parshall: Es un canal simple de paredes paralelas, que sufre un estrechamiento hacia la mitad; si aumenta el caudal aumenta la altura de la lámina de agua, y al revés.

Parámetros de diseño principales:

- Carga Hidráulica menor o igual a 70 m3/m2/h
- Velocidad Horizontal 0,3 m/s
- Tiempo de Retención 1-2 min a Carga máxima
- Longitud 20-25 veces la altura de la lámina de agua

Desarenadores rectangulares aireados

Se inyecta una cantidad de aire que provoca un movimiento helicoidal del líquido y crea una velocidad de barrido de fondo constante, perpendicular a la velocidad de paso, la cual puede variar sin que se produzca ningún inconveniente. Además se favorece la separación de las partículas orgánicas que puedan quedar adheridas a las partículas de arena.

Este tipo de desarenador ofrece una serie de ventajas frente a otros tipos:

- El agua se airea y por tanto, disminuye la producción de olores.
- Rendimientos constantes con lo que podemos variar el caudal sin disminución del rendimiento.
- Pérdidas de carga muy pequeñas.
- Con un adecuado caudal de aire obtenemos unas arenas muy limpias de materia orgánica.
- Puede ser usado también como desengrasador cuando el contenido en grasas del agua bruta no es muy elevado.

Los difusores de aire se colocan en uno de los laterales del desarenador, a una altura entre 0,5-0,9 m. La cantidad de aire que hay que suministrar varía según la profundidad del canal:

- De 3,0-12 l/s por metro de longitud del canal para profundidades superiores a 3,6 m.
- De 1,5-7,5 l/s por metro de longitud del canal para profundidades menores.

Desarenado y desengrasado pueden ir combinados cuando el primero lleva aireación.

Parámetros de diseño principales:

- Carga Hidráulica menor o igual a 70 $m^3/m^2/h$ a Carga máxima
- Velocidad horizontal menor o igual a 0,15 m/s
- Tiempo de retención 2-5 min a Carga máxima
- Relación longitud-anchura 1:1- 5:1

Desarenadores circulares con alimentación tangencial

El agua entra tangencialmente en un depósito cilíndrico con fondo tronco-cónico produciendo un efecto Vortex, el cual da como resultado la sedimentación de las arenas. Mientras, las partículas orgánicas se mantienen en suspensión mediante un sistema de agitación de paletas o por suministro de aire con un motocompresor.

Parámetros de diseño principales:

- Carga Hidráulica menor o igual a 90 m3/m2/h a Q máx.
- Velocidad Periférica media 0,3-0,4 m/s
- Tiempo de Retención 0,5-1,0 min. a Q máx.

Evacuación y tratamiento de las arenas

Cuando se haga el diseño del pretratamiento hay que tener muy en cuenta el volumen de arenas extraídas, ya que su falta de previsión puede dar importantes problemas de funcionamiento en la depuradora al llegar volúmenes superiores a los considerados teóricamente. Esto puede ocurrir en poblaciones con calles sin pavimentar, con redes de alcantarillado en mal estado... Si no tenemos datos reales de la cantidad de arena posible, es necesario calcular por exceso los volúmenes de extracción, considerando valores normales:

- Redes Separativas 5 l/m3 de agua residual
- Redes Unitarias 50 l/m3 de agua residual.

Y que otro dato a tener en cuenta proveniente de varias plantas es que se pueden recoger de 1-15 l/hab/año.

La extracción de las arenas de los desarenadores puede ser:

- Manuales: En plantas pequeñas, con desarenadores de tipo canal.
- Mecánicos: En los desarenadores de canal la extracción se realiza mediante unas bombas especiales incorporadas a un puente y con la longitud adecuada para llegar al fondo del canal, donde se depositan las arenas, pero sin llegar a tocar el suelo. El puente va avanzando a lo largo del canal y al mismo tiempo la bomba va succionando las arenas depositadas.

En los desarenadores aireados la arena puede extraerse mediante air-lift (succión a través de unas bombas situadas en la base de la unidad con recogida en tolvas inferiores), bombas especiales o rasquetas de barrido que empujan las arenas a una tolva de las que son extraídas al exterior.

Una vez sacadas las arenas del desarenador, hay que eliminar toda la cantidad posible de agua que llevan. La separación arena-agua se puede hacer:

- Sedimentación en un depósito poco profundo, con evacuación del agua por losas filtrantes o vertedero de rebose.
- Separación mecánica mediante Tornillo de Arquímedes o Clasificador Alternativo de Rastrillos, y almacenamiento en una tolva fija o en contenedor.
- Mediante hidrociclón y almacenamiento en tolva con vertedero.
- Mediante hidrociclón y recogida por Tornillo de Arquímedes antes de su almacenamiento en tolva fija o en contenedor.
- En instalaciones importantes se procede a veces a un lavado de las arenas con el fin de disminuir su contenido en materia orgánica. Se puede realizar con Tornillo de Arquímedes con agua de aportación a contracorriente.

Las tareas que debemos realizar son:

- Vaciar los depósitos de arena de los canales de desarenado manual cuando veamos que esta lleno.
- Reparar y cambiar los difusores rotos en los desarenadores aireados.
- Vigilar que el caudal de aire él los desarenadores aireados es el adecuado.
- Realizar el mantenimiento de todos los equipos (bombas, rasquetas, cadenas, clasificadores de arena, etc..) Según las recomendaciones de los fabricantes.

Esta zona es especialmente resbaladiza, debemos tener un cuidado muy especial por este motivo, procurando retirar las manchas de grasa cuando estas aparezcan en el suelo. Tenga cuidado de los gases peligrosos cuando trabaje en desarenadores cubiertos.

Los clasificadores son maquinas de movimiento lento, y como ya hemos dicho estas maquinas son muy peligrosas. Debemos desconectarlas cada vez que tengamos que manipularlas por cualquier motivó.

Desaceitado-desengrasado

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

Si se hacen desengrasado y desarenado juntos en un mismo recinto, es necesario crear una zona de tranguilización donde las grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan en el fondo y son eliminadas por uno de los métodos que desarrollamos en el apartado anterior. En este caso, las dimensiones del desarenador son diferentes, siendo los parámetros principales:

- Carga Hidráulica menor o igual a 35 m3/m2/h a Q máx.
- Tiempo de Retención 10-15 min a Q medio
- Caudal de aire introducido 0,5-2,0 m3/h/m3 de desengrasador

Los desengrasadores separados del desarenado son aconsejables cuando se busca una mayor calidad del agua o cuando el agua proviene de ciertos tipos de industrias: Petroquímicas y refinerías de petróleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc. Para este caso, el desengrasador se calcula para recibir una Carga Hidráulica menor o igual a 20 m3/m2/h.

Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores unidos a los flotantes extraídos en la decantación primaria suelen tratarse posteriormente en un concentrador de grasas donde se desprenden de su contenido en agua. Podríamos deshacernos de las grasas y espumas en una digestión anaerobia junto a los fangos ya que son en su mayor parte residuos orgánicos. Pero esto no es recomendable, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de costras en el digestor.

Las grasas concentradas se almacenan en contenedores especiales y posteriormente pasan a vertedero. También se podrían incinerar en caso de existiese en la planta un horno de incineración de fangos o para tratamiento de fangos.

Las tareas a realizar son:

- Mantener en perfecto estado las rasquetas de limpieza superficial, y en caso de deterioro, sustituirlas.
- Vigilar el nivel de los contenedores de grasas para su vaciado.
- Mantenimiento normal de los equipos según fabricante.

Podríamos decir que esta es la zona con mas riesgo de resbalón por la gran cantidad de grasas que puede haber depositado en el suelo y barandillas.

Preaireación

Sus objetivos son varios:

- Mejorar la tratabilidad del agua, en cuanto que esta llega séptica, contaminada, a la depuración.
- Control de olores.
- Mejorar la separación de las grasas.
- Favorecer la floculación de sólidos.
- Mantener el oxígeno en la decantación aun a bajos caudales.
- Incrementar la eliminación de DBO5.
- Evitar los depósitos en las cámaras húmedas.

La preaireación se utiliza en:

- Cabecera de instalación
- En los desarenadores, incrementando el tiempo de retención y la capacidad de aireación.
- En los canales de distribución a los decantadores primarios.

Los principales parámetros de diseño son:

- El tiempo de retención varía según el objetivo que se pretenda:
- La disminución de los olores y la prevención de la septicidad implican un tiempo mínimo de 10-15 minutos.
- La floculación efectiva de los sólidos necesita, aparte de la adición de ciertos productos químicos, un tiempo de retención de 30 minutos.
- Para la reducción de DBO será de 45 minutos.
- Los caudales de Aire necesarios para los distintos objetivos son difícilmente calculables, y se basan tanto en la calidad del A.R. como en las características físicas del tanque y en la sección transversal del mismo. El factor predominante es la necesidad de mantener la adecuada turbulencia en el tanque para que su contenido se mantenga en suspensión y no se produzcan sedimentaciones. Esto se consigue suministrando una cantidad de aire mínima entre 2-6 l/s/m del tanque teóricamente. En la práctica se deben suministrar 0,8 m3 aire/m3 de agua residual.

Métodos de preaireación

Son dos principalmente: difusores y aireadores mecánicos: Los difusores se clasifican en:

- Porosos: Con forma de disco o de tubos. Construidos de SiO_2 (óxido de silicio) o de Al_2O_3 (óxido de aluminio), pueden ser de tipo cerámico o estar construidos sobre una masa porosa con ligazón cerámica.
- No porosos: de tipo boquilla, orificios, válvulas... Los de tipo boquilla y orificios están construidos de metal o plástico, tienen aberturas anchas y sueltan unas burbujas más grandes que los difusores de tipo poroso. La cantidad de difusores requeridos se calcula determinando la cantidad total de aire necesario y dividiéndolo por el caudal medio recomendado para cada difusor. Normalmente este caudal es de 1,9-7 l/s/ difusor. La distancia entre difusores es generalmente de 250-600 mm.

La aireación mecánica se consigue mediante:

- Turbinas
- Aireadores de superficie.

Las tareas que realizaremos serán:

- Comprobar que el caudal de aire insuflado es el adecuado.
- Reparar y cambiar los difusores deteriorados.
- Mantenimiento de equipos.

Tratamiento físico-químico

TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO

1. INTRODUCCIÓN.

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación acuática.

El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado.

Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Sin embargo, hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal denominadas coloides que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 µm y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar de forma rápida

Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos de hierro y aluminio las suelen tener cargas positivas.

El tratamiento físico químico del agua residual tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO5 y del 30 al 40% de la DQO.

- Ítem de lista viñeteada

2. ETAPAS DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.

Para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: coagulación, floculación y decantación o flotación posterior.

2.1 Coagulación.

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un flóculo.

La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiendo al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro(cloruro férrico) y aluminio.

Se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso :

a) Neutralización de la carga del coloidal

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Ba(bario) y Mg(magnesio), bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na(sodio), monovalente; y, a su vez, el Fe(hierro) y Al(aluminio), trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro, Cl-, monovalente, el sulfato, (SO4)-2, divalente, y el fosfato, (PO4)-3, trivalente.

b) Inmersión en un precipitado o flóculo de barrido.

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

a) pH EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran:

- Cal viva.
- Cal apagada.
- Carbonato sódico.
- Sosa Cáustica.
- Ácidos minerales.

b) Agitación rápida de la mezcla.

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado.

Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1sg).

c) Tipo y cantidad de coagulante.

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro. Las reacciones de precipitación que tienen lugar con cada coagulante son las siguientes:

- **Sulfato de aluminio (también conocido como sulfato de alúmina) ($Al_2(SO_4)_3$)**

Cuando se añade sulfato de alúmina al agua residual que contiene alcalinidad de carbonato ácido de calcio y magnesio, la reacción que tiene lugar es la siguiente:

$Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 = 2\ Al(OH)_3 + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2$ La reacción es análoga cuando se sustituye el bicarbonato cálcico por la sal de magnesio.

Rango de pH para la coagulación óptima: 5-7,5.

Dosis: en tratamiento de aguas residuales, de 100 a 300 g/m3, según el tipo de agua residual y la exigencia de calidad.

- Con cal:

$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2\ Al(OH)_3 + 3\ CaSO_4$ Dosis: se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial.

- Con carbonato de sodio:

$Al_2(SO_4)_3 + 3\ H_2O + 3\ Na_2CO_3 = 2\ Al(OH)_3 + 3\ Na_2SO_4 + 3\ CO_2$ Dosis: se necesita entre el 50 y el 100% de la dosis de sulfato de aluminio comercial.

- **Sulfato ferroso ($FeSO_4$)**

a) Con la alcalinidad natural:

$FeSO_4 + Ca(HCO_3)_2 = Fe(OH)_2 + CaSO_4 + CO_2$ Seguido de:

$Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O = Fe(OH)_3$ Rango de pH para la coagulación óptima, alrededor de 9,5.

Dosis: se necesitan de 200 a 400 g/m3 de reactivo comercial $FeS0_4\ 7H_2O$ * Con cal:

$Fe(SO_4)_2 + Ca(OH)_2 = Fe(OH)_2 + Ca(SO_4)$ Seguido de:

$Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O = Fe(OH)_3$ Dosis de cal: el 26% de la dosis de sulfato ferroso.

- **Sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$)**
- Con la alcalinidad natural:

$Fe_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 = 2\ Fe(OH)_3 + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2$ Rango de pH para la coagulación óptima: entre 4 y 7, y mayor de 9.

Dosis: de 10 a 150 g/m3 de reactivo comercial $Fe_2(SO_4)_3\ 9H_2O$ * Con cal:

$Fe_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(OH)_2 = 2\ Fe(OH)_3 + 3\ CaSO_4$ Dosis de cal: el 50% de la dosis de sulfato férrico.

- **Cloruro férrico ($FeCl_3$)**
- Con la alcalinidad natural:

$2\ FeCl_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 = 3\ CaCl_2 + 2\ Fe(OH)_3 + 6\ CO_2$ Rango de pH para la coagulación óptima: entre 4 y 6, y mayor de 8.

Dosis: de 5 a 160 g/m3 de reactivo comercial $FeCl_3\ 6H_2O$ * Con cal:

$2\ FeCl_3 + 3\ Ca(OH)_2 = 2\ Fe(OH)_3 + 3\ CaCl_2$ La selección del coagulante y la dosis exacta necesaria en cada caso, sólo puede ser determinada mediante ensayos de laboratorio (Jar-Test).

2.2. Floculación.

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericinética o por convección natural. Es muy lenta.
- Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas. Esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinética o por convección forzada.

Existen además ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

a) Coagulación previa lo más perfecta posible.

b) Agitación lenta y homogénea.

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.

c) Temperatura del agua.

La influencia principal de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

d) Características del agua.

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos.

e) Tipos de floculantes Según su naturaleza, los floculantes pueden ser:

- Minerales: por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.
- Orgánicos: son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

Los floculantes orgánicos de origen natural se obtienen a partir de productos naturales como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales) y derivados de la celulosa. Su eficacia es relativamente pequeña.

Los de origen sintético, son macromoléculas de cadena larga, solubles en agua, conseguidas por asociación de monómeros simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables por lo que se le denominan polielectrolitos.

Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

- Polielectrolitos no iónicos: son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones.
- Polielectrolitos aniónicos: Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).
- Polielectrolitos catiónicos: caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

La selección del polielectrolito adecuado se hará mediante ensayos jartest.

En general, la acción de los polielectrolitos puede dividirse en tres categorías:

En la primera, los polielectrolitos actúan como coagulantes rebajando la carga de las partículas. Puesto que las partículas del agua residual están cargadas negativamente, se utilizan a tal fin los polielectrolitos catiónicos.

La segunda forma de acción de los polielectrolitos es la formación de puentes entre las partículas. El puente se forma entre las partículas que son adsorbidas por un mismo polímero, las cuales se entrelazan entre sí provocando su crecimiento.

La tercera forma de actuar se clasifica como una acción de coagulaciónformación de puentes, que resulta al utilizar polielectrolitos catiónicos de alto peso molecular. Además de disminuir la carga, estos polielectrolitos formarán también puentes entre las partículas.

2.3. Decantación o Flotación.

Esta ultima etapa tiene como finalidad el separar los agregados formados del seno del agua. La separación de los lodos activados (la biomasa) se realiza por gravitación en un tanque, más a menudo de diseño cilíndrico (ver el esquema debajo). Existen también decantadores de diseño paralepipédico; sin embargo los decantadores, equipados de placas inclinadas sumergidas, resultan poco adaptados para la decantación de los lodos activados. Las condiciones de distribución en el decantador de la biomasa que viene del tanque de aireación y de su reanudación en el fondo del decantador son puntos importantes del diseño.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.

El tratamiento físico-químico puede constituir una única etapa dentro del tratamiento del agua residual o bien puede interponerse como proceso de depuración complementario entre el pretratamiento y el tratamiento biológico.

En cualquiera de los dos casos, el vertido procedente del pretratamiento es sometido a las distintas fases de depuración físico-químicas:

- Coagulación
- Coadyuvacion
- Floculación.

El proceso de coagulación se efectúa en un sistema que permita una mezcla rápida y homogénea del producto coagulante con el agua residual, llamado mezclador rápido o coagulador. Consiste en una cámara de mezcla provista de un sistema de agitación que puede ser del tipo de hélice o turbina.

El tiempo de retención es de 0,3 a 5 minutos.

El reactivo (coagulante) se almacena en un depósito específico que puede ser de material diverso como PRFV, polietileno, metálico con imprimación, etc.

El coagulante debe ser dosificado al vertido en forma de disolución; a una concentración determinada. En algunos casos, el reactivo se recibe en la planta disuelto y se almacena en los depósitos. Otras veces se recibe en estado sólido, en cuyo caso, el tanque utilizado para su almacenamiento debe estar provisto de un sistema de agitación para la preparación de la disolución.

El transporte del producto desde el deposito de almacenamiento hasta la cámara de mezcla se lleva a cabo mediante una bomba dosificadora.

La coadyuvacion tiene como finalidad llevar el vertido a un pH óptimo para ser tratado. Para ello se utilizan ciertos productos químicos llamados coadyuvantes o ayudantes de coagulación.

Este proceso tiene lugar en la misma cámara donde se realiza la coagulación.

Como en el caso del coagulante, el coadyuvante se prepara en un dispositivo aparte provisto de un sistema de agitación. Igualmente, para la adición del reactivo al agua residual se emplea una bomba dosificadora.

El vertido, una vez coagulado, pasará a la siguiente etapa, denominada floculación. En dicha etapa, se le añade al agua un producto químico llamado floculante (polielectrolito), cuya función fundamental es favorecer la agregación de la partículas individuales o flóculos formados durante la coagulación. Se originan floculos de mayor tamaño, los cuales, debido a su aumento de peso, decantaran en la ultima etapa del tratamiento físico-químico.

La floculación puede tener lugar en un floculador separado o bien en el interior de un decantador.

Los floculadores son depósitos provistos de sistemas de agitación que giran con relativa lentitud para no romper los flóculos formados durante la coagulación. El tiempo de retención en estos sistemas suele ser de 10 a 30 minutos.

Los sistemas de agitación pueden estar constituidos por hélices o por un conjunto de palas fijadas sobre un eje giratorio horizontal o vertical.

Otra posibilidad es realizar el proceso de coagulación-floculación y decantación en una sola unidad. En este caso, el decantador lleva incorporado un sistema de recirculación de fangos para mejorar el crecimiento de las partículas y facilitar su sedimentación.

La dosificación de polielectrolito también se hace en forma de disolución, debido a las características propias del reactivo (alta viscosidad), su preparación requiere un especial cuidado.

El depósito de almacenamiento de polielectrolito deberá disponer de un agitador para poder proceder a su acondicionamiento. La aplicación del reactivo al agua se realiza mediante una bomba especial para este tipo de producto. Se suele utilizar una bomba de desplazamiento y caudal variable, por ejemplo, una bomba tipo mono, de engranaje, pistón, etc.

4. APLICACIONES DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.

Las principales aplicaciones del tratamiento físico-químico son las siguientes:

- Depuradoras para zonas turísticas con vertidos reducidos a ciertas épocas del año.

En el caso de poblaciones cuyos vertidos reducidos a ciertas épocas del año o para cubrir puntas estacionales.

En depuradoras que tratan los vertidos de una comunidad o de una población cuyo número de usuarios es muy variable, o bien, para cubrir puntas estacionales, este tratamiento puede aplicarse inmediatamente antes de una depuración biológica. En este caso la misión del tratamiento físico químico seria la reducción de la contaminación que llega al proceso biológico.

- Depuradoras para zonas industriales o mixtas donde los vertidos arrastran iones metálicos tóxicos que pueden destruir la actividad biológica.

En muchas localidades, la descarga de vertidos industriales a las alcantarillas ha dado como resultado un agua residual que no es tratable por medios biológicos. En tales situaciones, el tratamiento físico químico constituye una solución alternativa *Como tratamiento de afino para la eliminación de nutrientes como el fósforo.

5. MANTENIMIENTO.

El mantenimiento de una planta de tratamiento físico-químico, y el de una depuradora en general, se desarrolla desde dos puntos de vista:

Conjunto de técnicas destinadas a prever averías, efectuar revisiones y engrases, realizar operaciones eficaces y orientar a los usuarios.

Prestación de un servicio destinado a la conservación del rendimiento de la depuración, a la explotación de la infraestructura técnica y al respeto del entorno.

En la estación de tratamiento de aguas residuales, se van a realizar tres tipos de mantenimiento:

- Correctivo.
- Preventivo.
- Predictivo.

5.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se va a dedicar, principalmente, a reparar las averías que se producen. El objetivo es minimizar este tipo de mantenimiento.

5. 2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se dedica a ejecutar una serie de funciones para evitar las averías de los equipos. A través de este tipo de mantenimiento se pretenden conseguir los siguientes objetivos:

- Reducir paradas por averías.
- Reducir gastos por averías.
- Reducir el tiempo de reparación

- Reducir costes de almacenaje de repuestos *Reducir costes de personal especializado.

El mantenimiento se aplica en tres sentidos:

- Revisiones periódicos, conociendo en cada momento el estado y situación de cada una de las máquinas.
- Ejecución del programa sin interferencia del funcionamiento normal de la depuradora.
- Inspecciones oculares de los elementos accesibles y entretenimiento regular de ajuste, engrase y lubricación.

Para la puesta en marcha del mantenimiento es importante la apertura de unas fichas de máquinas, basándose en el manual de servicio de la depuradora y la documentación técnica que se posea. Estas fichas recogen las características de cada equipo, así como fabricantes y suministradores de repuestos.

Se abrirán, así mismo, una fichas de mantenimiento para cada máquina, en las cuales se contemplarán principalmente los siguientes datos:

- Fechas en las que se han realizado revisiones.
- Piezas sustituidas.
- Duración de la reparación.
- Cualquier información observada en la reparación.
- Coste de la reparación.

A partir de esta documentación se establece un programa con las siguientes actuaciones:

- Programa de lubricación y engrase.
- Programa de revisiones generales y ordinarias.

Se tratara de llevar a cabo una información de los datos para determinar las ordenes de trabajo semanales y diarias, obteniendo de esta forma una mejora en el seguimiento y control del mantenimiento.

5.3. Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo o condicional investiga cuál es la causa de la avería e intenta que no vuelva a producirse.

Esta basado en el establecimiento de una serie de controles sobre los equipos, los cuales dan idea acerca de su funcionamiento.

Se estudiarán las formas de trabajo de cada maquina, para llevarla a condiciones idóneas de funcionamiento, o bien para influir en el diseño, optimizando el equipo y evitando condiciones de trabajo excesivamente duras.

6. PREPARACIÓN DE DISOLUCIONES EN PLANTA.

La preparación de disoluciones a escala de planta puede realizarse manualmente o mediante un sistema automático. La elección dependerá de la cantidad de producto a manipular diariamente y en general, se recomienda la instalación de un sistema automático cuando dicha cantidad sea considerable.

6.1. Coagulantes y Coadyuvantes.

Las disoluciones de coagulantes y coadyuvantes se preparan mediante la adición del peso o volumen, medido del producto, bien utilizado una bomba o bien de forma manual a un deposito que contenga la cantidad de agua necesaria. Dicho deposito debe estar provisto de una buena agitación para asegurar la mezcla total y homogénea del producto en el agua. Es recomendable, antes de añadir el reactivo, cubrir con agua entre un tercio y un medio de la capacidad del tanque de mezcla, de modo que el nivel quede por encima de las paletas del agitador.

Los coagulantes se preparan en un rango de concentración entre 10 y el 50% (relación peso / volumen). Por su parte, la concentración en que se preparan los coadyuvantes oscila entre un 0.5 y un 5%.

6.2. Polielectrolitos.

Los polielectrolitos se pueden presentar como productos sólidos o líquidos.

Los sólidos son suministrados en forma de polvo o perlas de color blanco, y se fabrican dentro de una gama de granulometría controlada a fin de proporcionar una características de disolución optimas. La adición de estos productos al agua sin un procedimiento de dispersión adecuado, puede dar lugar a la formación de grandes agregados de gel que serian muy difíciles de disolver completamente. Esto puede resolverse fácilmente, obteniendo una eficaz dispersión del producto, utilizando un eductor.

Un eductor consiste en una simple bomba de vacío hidráulica que proporciona soluciones homogéneas con el mínimo tiempo y esfuerzo. Dicha bomba debe colocarse sobre el tanque de preparación del polielectrolito. Este tanque debe estar equipado con un agitador adecuado que proporciona una buena, pero no demasiado fuerte, agitación del contenido del tanque. Se añade suficiente agua al tanque, habitualmente 1/3 - 1/2 de su capacidad, para cubrir las paletas del agitador. Con la llave del agua del eductor, donde es arrastrado hacia el chorro de agua de alta velocidad, obteniéndose así una humectación discreta de cada partícula antes de su entrada en el tanque de preparación.

Las disoluciones de productos líquidos no presentan tantos problemas de preparación. Basta con la adición de la cantidad requerida de reactivo, contenga la cantidad de agua necesaria. El tanque debe estar provisto de una buena agitación para asegurar la mezcla total y homogénea del producto en el agua.

Estas soluciones preparadas en planta pueden mantener su eficacia durante un periodo de más de 2-3 días. Después de este periodo de tiempo, y dependiendo de las condiciones de almacenaje, puede producirse una perdida de efectividad.

La concentración de la solución para su aplicación al sistema varia según el producto a utilizar. la viscosidad de la solución es un factor a tener en cuenta. Para la distribución optima del producto a través del substrato a tratar, debe evitarse la adición de soluciones excesivamente viscosas.

Las concentraciones recomendadas son 0.05%-0.1% para productos de calidad sólida, 0.1%-0.2% para los productos líquidos en dispersión y 0.5%- 1.0% para los líquidos en solución.

Los polielectrolitos de calidad sólida deben almacenarse en lugar fresco y seco y los envases deben mantenerse cerrados siempre que no se utilicen a fin de prevenir la entrad de humedad. Bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, estos permanecen estables durante dos años.

Los productos líquidos se suministran como líquidos manejables capaces de ser bombeados inmediatamente o bien ser vertidos de forma manual desde sus contenedores. Estos productos deben quedarse en lugar fresco donde se eviten las temperaturas extremas. Bajo condiciones correctas de almacenamiento, los productos permanecerán estables durante periodos de 1 a 2 años.

Los polielectolitos utilizados en el tratamiento de aguas residuales presentan una toxicidad oral baja y no presentan ningún problema anormal en su manipulación.

7. ENSAYO DE LABORATORIO. MÉTODO “PRUEBA DE JARRAS”.

Para realizar los ensayos de laboratorio, se utiliza un dispositivo llamado Agitador Múltiple provisto de cuatro o cinco puntos de agitación, que permite agitar simultáneamente, a una velocidad determinada, el líquido contenido en una serie de vasos.

Es importante que durante el ensayo el agua tenga una temperatura próxima a la que tendrá realmente durante su tratamiento en planta.

El agua a clarificar se agita en los distintos vasos, y a continuación, se adiciona el coagulante manteniendo una agitación entre 100 y 150 revoluciones por minuto para que la mezcla sea rápida. Dicha agitación se mantiene durante 3 a 10 minutos.

Posteriormente, se adiciona algún corrector de pH si hiciera falta. A continuación se añade el polielectrolito (o polímero), agitando rápidamente unos 0,5 y 2 minutos para que se reparta rápidamente e inmediatamente se reduce la agitación entre 35 y 60 revoluciones por minuto para conseguir la maduración y crecimiento flocular. Esta última fase puede durar entre 5 y 10 minutos, pasada la cual se desconecta el agitador. Los flóculos se van depositando, pudiendo variar la duración de la sedimentación entre 5 y 30 minutos.

Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obtenido como son Turbidez, color, DQO, sólidos en suspensión, etc.

Teniendo en cuenta que pueden tratarse a la vez varias muestras, se puede comprobar las influencias causadas por los distintos tipos de coagulantes y floculantes, por la duración e intensidad de la agitación, así como la duración de la sedimentación de los flóculos formados.

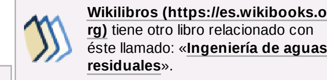
Concluidas las distintas pruebas, se determina el volumen del lodo obtenido trasvasando el sedimento cuidadosamente a un cilindro graduado, o bien haciendo una lectura directa en el beaker. Uno de los objetivos de la Prueba de Jarras es determinar la Dosis Optima de Coagulante y Floculante para su debida dosificación en la Planta de Tratamiento.

Bibliografía: Mangini, S. P., Prendes, H., Amsler, M. L., & Huespe, J. (2003). Importancia de la floculación en la sedimentación de la carga de lavado en ambientes del río Paraná, Argentina. Ingeniería hidráulica en México, 18(3), 55-70.

(falta diagrama de bloques)

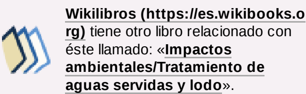
Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Ingeniería de aguas residuales/Versión para imprimir**.



Wikilibros (https://es.wikibooks.org) tiene otro libro relacionado con éste llamado: «**Ingeniería de aguas residuales**».

- Caso práctico de diseño de planta de aguas residuales (http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/diseno-planta-aguas-residuales)
- Tratamiento de Aguas Residuales (http://ptar.prosii.com)



Wikilibros (https://es.wikibooks.org) tiene otro libro relacionado con éste llamado: «**Impactos ambientales/Tratamiento de aguas servidas y lodo**».

Tratamiento primario

1. OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO PRIMARIO

Principalmente se pretende la reducción de los sólidos en suspensión del agua residual. Dentro de estos SS pueden distinguirse:

- Los sólidos sedimentables: son los que sedimentan al dejar el A.R. en condiciones de reposo durante una hora, este tiempo también depende del tamaño del sedimentador
- Los sólidos flotantes: definibles por contraposición a los sedimentables.
- Los sólidos coloidales (tamaño entre 10-3-10 micras).

Como, en general, parte de los SS están constituidos por materia orgánica, consecuencia del tratamiento primario, suele ser la reducción de la DBO.

El grado de reducción de éstos índices de contaminación depende del proceso utilizado y de las características del A.R.

2. TIPOS DE PROCESOS

Aunque existen múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario (filtración, tamizado, ciertos lagunajes, fosas sépticas, tanques Imhoff...), los principales procesos se pueden clasificar según:

- Procesos de separación sólido-líquido:
- Sedimentación, también llamada decantación primaria
- Flotación
- Proceso mixto (decantación-flotación)
- Procesos complementarios de mejora:
- Floculación
- Coagulación (proceso físico-químico)

3. LA DECANTACIÓN PRIMARIA

3.1. Objetivo

El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los SS de las A.R. bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto sólo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

3.2. Teoría de la sedimentación aplicable

Según la clasificación de Fitch, basada en la concentración y tendencia a la interacción de las partículas, existen cuatro tipos de sedimentación diferenciadas:

- Sedimentación clase 1 ó de partículas discretas

Ej: Desarenado

- Sedimentación clase 2 ó de partículas floculantes

Ej: Decantación primaria

- Sedimentación clase 3 o zonal

Ej: Decantación Secundaria en proceso Fangos Activos

- Sedimentación clase 4 ó por compresión

Ej: Espesamiento de Fangos por gravedad

En la sedimentación de partículas discretas éstas decantan de forma independiente y con una velocidad de sedimentación constante, que bajo ciertas hipótesis viene dada por la Ley de Stockes. Así, en el movimiento horizontal del fluido, la trayectoria de sedimentación de la partícula es una línea recta.

En la decantación primaria, las partículas tienen ciertas características que producen su floculación durante la sedimentación. Así, al chocar una partícula que está sedimentando con otra partícula, ambas se agregan formando una nueva partícula de mayor tamaño y aumentando, por tanto, su velocidad de sedimentación. En este caso, la trayectoria de la partícula en un depósito de sedimentación será una línea curva de pendiente creciente.

3.3. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño de la sedimentación de partículas floculantes son dos:

- Velocidad Ascensional o Carga Superficial: también llamado Velocidad Descensional, es el caudal de fluido dividido por la superficie del depósito de sedimentación. Éste será el único parámetro de la sedimentación de partículas discretas.
- Tiempo de Retención: Volumen del depósito dividido por el caudal. A veces, en vez de este parámetro se toma la altura del depósito al ser ambos interdependientes.

Además de estos parámetros existen ciertas características del A.R. que afectan al rendimiento del proceso. Así, en la decantación primaria los factores básicos son la concentración de SS y las características floculantes de los mismos. Así, por ejemplo el rendimiento de reducción aumentará al aumentar la concentración de SS.

3.4. Tipología de decantadores

Existen múltiples tipos de decantadores reales. Podemos hablar sólo de las características principales.

En cuanto a la forma en planta del decantador existen tres tipos básicos:

i) Decantador circular

ii) Decantador rectangular

iii) Decantador de planta cuadrada (su funcionamiento suele asimilarse a uno de los dos básicos)

3.4.1. Decantadores circulares

En general, el agua entra por el centro del decantador y es recogida en toda la periferia del mismo. Frente a este sistema se ha desarrollado el de alimentación periférica con salida del agua bien central o bien periférica. Se evita las perturbaciones producidas por la disipación de la energía del agua en la entrada mediante la instalación de deflectores o corona de reparto en los circulares.

La salida habitual del agua es a través de un vertedero triangular, que aunque no es el óptimo desde el p.d.v. del reparto (al considerar el posible error de nivelación) sí lo es al considerar las amplias variaciones del caudal

La evacuación de los fangos puede contener tres pasos: Acumulación, almacenamiento y extracción.

La acumulación de fangos en el decantador puede realizarse de dos formas básicas: por gravedad o mediante equipos mecánicos. La primera se realiza mediante el fondo inclinado en forma de tolva del decantador, pero cuando las dimensiones de éste son excesivamente grandes hay que recurrir a equipos mecánicos que acumulen el fango sedimentado, por arrastre, en uno o varios puntos fijos de extracción, mediante rasquetas que barren la solera del decantador, ó bien mediante la extracción de los fangos por succión (bien por depresión hidráulica o por vacío) sin necesidad de acumulación, pero esta práctica es principalmente usada en la decantación secundaria del proceso de fangos activos.

El equipo de rasquetas puede adoptar principalmente dos alternativas diferenciadas por su sistema de accionamiento: Central o periférico (Un puente radial al que van unidas las rasquetas y que gira a través de una rueda tractora accionada por un motorreductor y que rueda por la coronación del muro periférico del decantador). A su vez, la estructura de las rasquetas puede ser variada, siendo la básica la de espina de pez, consistente en varias rasquetas equidistantes formando un ángulo constante con el radio del decantador, y que arrastran una partícula desde la periferia al centro del decantador, haciendo pasar la partícula de una rasqueta a otra.

El almacenamiento se realiza normalmente en pocetas ubicadas en la solera del decantador, situadas en el centro del decantador circular en el que a veces se coloca un sistema de rasquetas de paletas de espesamiento, en esta poceta, para aumentar la concentración del fango antes de su extracción.

La extracción o purga del fango se puede realizar automáticamente de dos formas (Nunca es aconsejable la extracción manual, ni aún en las pequeñas depuradoras). En ambos casos, la extracción es periódica, por lo que el automatismo consiste en la temporización regular de los tiempos de funcionamiento y parada del sistema de extracción. Éste se materializa bien en válvulas automáticas o bien en bombas especiales para fangos.

La eliminación de flotantes se realiza disponiendo delante del vertedero de salida una chapa deflectora que evita la salida de los flotantes. Para su acumulación los sistemas de rasquetas disponen generalmente de barredores superficiales que los arrastran hasta el punto de extracción, consistente, en una tolva que a veces dispone de una rampa por donde sube parte de la barredora.

3.4.2. Decantadores rectangulares

La alimentación es generalmente por uno de los lados más estrechos, saliendo el agua por el lado opuesto, también a través de un vertedero triangular.

También la acumulación de fangos puede ser por gravedad o por rasquetas. Existen dos tipos básicos de equipos de rasquetas para la acumulación de fangos. En ambos casos, las rasquetas recorren el decantador a lo largo del mismo ocupando cada rasqueta todo su ancho.

Una vez que las rasquetas han barrido el fondo, se elevan y, recorriendo el largo del decantador en dirección opuesta, vuelven al punto de partida, aprovechando este movimiento para la acumulación de flotantes.

Las cadenas están unidas a un sistema de cadenas que constituyen el sistema tractor junto con el motorreductor de accionamiento.

El otro equipo consiste en un puente a lo ancho del decantador del que cuelga el sistema de rasquetas. El movimiento que sigue es de vaivén a lo largo del decantador, lo que obliga a la elevación de las rasquetas en el movimiento de retroceso, de estar el punto de extracción en un sólo lado del decantador.

Las pocetas de almacenamiento de fangos se sitúan a lo ancho del decantador rectangular en el lado de entrada del agua.

La extracción de flotantes se realiza por tubos acanalados giratorios.

Sobre cuál es el mejor decantador, a partir de datos estadísticos de explotación de múltiples depuradoras se ha llegado a la conclusión que son los circulares los que consiguen mejores rendimientos. Pero teniendo en cuenta la gran cantidad de factores que afectan al funcionamiento de la decantación, parece que no podemos afirmarlo científicamente. Por otro lado, desde un p.d.v. hidráulico, el decantador rectangular tendría mejor funcionamiento. Sin embargo, un mejor funcionamiento hidráulico no implica un mejor rendimiento necesariamente.

3.5. Fangos producidos

La concentración del fango primario suele estar entre un 3-8%.

Cuando se envía el exceso de fangos activos a la decantación primaria, la concentración del fango mixto normalmente será menor que la correspondiente a la del fango primario. En este caso habrá que dimensionar el sistema de evacuación de fangos para el conjunto de fangos mixtos producidos.

3.6. Explotación

Los problemas de funcionamiento de la decantación primaria pueden tener su origen en cuatro factores básicos:

- Diseño
- Avería de equipos
- Influente
- Explotación

Dentro de los problemas propios de la explotación, el principal consiste en la temporización de la purga de fangos. Con éste se regula el caudal de extracción de fangos. Si esta Q es excesivo, la concentración de los fangos resulta baja, pudiendo perjudicar a los procesos del tratamiento del fango. Si el Q es pequeño, los fangos se van acumulando en el decantador, lo que puede suponer una disminución de los rendimientos y la entrada de los fangos en anaerobiosis con la consiguiente posibilidad de malos olores y flotación de fango decantado. Parecidas consecuencias puede suponer la adopción de excesivos intervalos de tiempo entre purgas.

3.7. Aplicabilidad

La utilidad de la decantación primaria viene condicionada fundamentalmente por dos factores:

- Conseguir el mayor grado de depuración
- Tipo de tratamiento de fangos adoptado en la depuración

Así, cuando el tratamiento de fangos se realiza de forma conjunta con el tratamiento del agua (caso del proceso de aireación prolongada) no tiene sentido la adopción de la decantación primaria. En caso contrario se extraería al agua los Sólidos Sedimentables en el decantador primario y para su posterior tratamiento se introducirían en el proceso de aireación prolongada, lo cual equivale a introducir en este proceso el A.R. bruta.

Por otra parte, cuando el tratamiento de fangos es independiente del agua, pero de tipo aerobio, es decir similar al tratamiento biológico del agua, no parece que se consiga ningún ahorro con la decantación primaria. En general, serán de esperar menores problemas de explotación del tratamiento biológico, pero en el caso de que éste no funcionase, verteríamos agua decantada en lugar dé agua bruta caso de tener la decantación primaria

Dentro de la aplicabilidad de la decantación primaria hay que tener en cuenta que generalmente constituye un elemento básico del tratamiento físico-químico. CARDOSO LANDA

4. LA FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO

4.1. Concepto

La flotación por aire disuelto además de eliminar materia sólida y/o líquidas de densidad inferior a la del agua, es capaz de eliminar sólidas de densidad superior.

El proceso FAD consiste en la creación de microburbujas de aire en el seno del A.R., las cuales se unen a las partículas a eliminar formando agregados capaces de flotar por tener una densidad inferior a la del agua.

Por tanto, se puede decir que el objetivo de este proceso en el tratamiento primario es doble: reducción de materias flotantes y reducción de SS.

4.2. Tipos de procesos aplicables

La creación de burbujas en el proceso FAD, se realiza a través de los siguientes pasos:

- Presurización de un flujo de agua
- Disolución de aire en dicho flujo, sobresaturándolo, respecto a condiciones normales de presión
- Despresurización a presión atmosférica, con lo que el exceso disuelto por encima del de saturación se libera en forma de microburbujas

Los distintos tipos de procesos que existen, son:

- FADT (de flujo total): Se sobresatura todo el caudal.
- FADP (de flujo parcial): Se sobresatura una parte del caudal.
- FADR (de flujo recirculado): Se sobresatura agua ya tratada por el proceso (efluente)

Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Así, mientras que el FADR utiliza un flujo de agua tratada, con lo que optimiza el diseño y el mantenimiento del sistema de presurización-sobresaturación, aumenta el caudal a tratar, por lo que aumenta las dimensiones del sistema de flotación.

4.3.Parámetros de diseño

Tasa de Presurización: Es el porcentaje de flujo presurizado respecto al Q de agua bruta a tratar.

4.4. Aplicabilidad

- En el caso de incidencia importante de vertidos industriales no tratados (refinerías, papeleras, pinturas, conserva de carnes, laminación...)
- Cuando el vertido se realiza al mar puede llegar a hacer cumplir las limitaciones del vertido sin necesidad de tratamiento biológico.
- Dada su gran versatilidad de funcionamiento, puede ser muy útil en los casos de grandes variaciones de vertido según temporadas.
- El espesamiento del exceso de fangos activos del tratamiento biológico puede obviarse realizándose en el mismo FAD.

5. EL PROCESO MIXTO DECANTACIÓN-FLOTACIÓN

El rendimiento del proceso de FAD para bajas concentraciones de SS depende entre otros factores de la formación de un buen enlace partícula-burbuja de aire. Así, habrá partículas que no son flotantes y que ó sedimentarán en el flotador (depósito de flotación) ó bien se irán con el efluente. Para evitar este problema aparece el decantador-flotador, consistente en un decantador primario convencional en cuyo interior se ubica el flotador. El proceso se completa con el sistema de presurización-sobresaturación típico del proceso FAD.

6. Operación y mantenimiento.

El agua residual bruta contiene algunas sustancias capaces de sedimentarse en el fondo o flotar en la superficie, si la velocidad del agua llega a ser suficiente baja. Los tanques de sedimentación (decantadores) disminuyen la velocidad de las aguas residuales para que se produzcan los fenómenos de flotación y sedimentación.

Una estación depuradora tipo puede tener decantadores situados en dos puntos diferentes. El que se encuentra justo a continuación del desarenador- desengresador se llama decantador primario. El otro, que va detrás del proceso biológico, se llama decantador secundario. La razón de tener dos, es que el proceso de tratamiento biológico trasforma los sólidos disueltos y coloidales en sólidos sedimentables, y estos deben eliminarse de las aguas residuales tratadas.

La principal diferencia entre los dos tipos de decantadores reside en la densidad de fangos producidos. Los fangos primarios son por lo general más densos que los secundarios. El efluente de un decantador secundario es normalmente más limpio que el efluente de un decantador primario.

Los sólidos que se sedimentan en el fondo de un decantador son arrastrados hacia un extremo (en los decantadores rectangulares) o hacia el centro (en los decantadores circulares) e introducidos en un pozo de recogida. Desde este pozo se bombean a los sistemas de tratamiento y evacuación de fangos.

Este capitulo tiene información sobre puesta en servicio, operación diaria y procedimientos de mantenimiento, problemas que hay que tener en cuenta y seguridad.

Antes de poner en servicio por primera vez un decantador o después de haber estado fuera de funcionamiento por limpieza o reparación, se debe inspeccionar con cuidado el tanque en la forma descrita en este punto. Es una buena ocasión para familiarizarse con el funcionamiento interno del decantador, ya que habitualmente esta lleno de agua.

Decantadores circulares

Compruebe los siguientes puntos:

- El buen funcionamiento de las compuertas de regulación.
- Que el tanque esta libre de arenas y basuras.
- La lubricación, alineación del motor y montaje en general del mecanismo motor del sistema colector de fangos y flotantes.
- El mantenimiento de la distancia apropiada desde el suelo del tanque a las rasquetas del colector.
- El estado de limpieza de los pozos de recogida y de las tuberías de salida.

Si todo esta a punto, conecte el mecanismo colector y déjelo girar, mientras compruebe que las rasquetas ni se reparan del fondo ni lo rapan. La acción de barrido debe cubrir toda la superficie del fondo, desde la pared exterior hasta el pozo de recogida de lodos. Asegúrese también de que el mecanismo funciona suavemente, sin tirones ni saltos. Si el equipo esta lubricado por agua, compruebe que hay cantidad suficiente en el tanque para cubrir el cojinete central.

- Si el equipo esta dotado de alarma y/o parada por sobrecarga compruébala. Cronometre el tiempo que tardan las rasquetas en dar una vuelta completa alrededor del tanque, y regístrelo para posterior comprobación.
- Compruebe el amperaje que toma el motor, y regístrelo. Deje que el motor funcione durante varias horas, para comprobar que no surgen problemas.

Decantadores rectangulares.

Los pozos de recogida de fangos, canales, compuertas de control y vertederos, deben comprobarse de la misma forma que en los decantadores circulares. El sistema colector de fangos es distinto en los decantadores rectangulares. Las rasquetas de madera se colocan transversales al tanque y cada extremo de la rasqueta se une a una cadena sin fin situada a lo largo del lateral de aquel. Estas cadenas se mueven por ruedas dentadas y arrastran las rasquetas que van guiadas por raíles embutidos en el suelo y en los laterales del tanque.

Cada rasqueta de madera lleva unas piezas rozantes metálicas que se deslizan sobre raíles.

Asegúrese de que las rasquetas están perfectamente transversales al tanque y de que las cadenas no va uno o dos eslabones adelantado o retrasada con respecto a la otra. Si ocurre esto, las rasquetas de madera cruzaran el tanque en ángulo, apilando los fangos a más altura en el lado de arrastre.

Si el colector de fangos ha permanecido parado durante algunas semanas en un decantador vació, deben tomarse precauciones antes de ponerlo en funcionamiento, porque pueden haber comenzado a oxidarse las piezas metálicas rozantes en los puntos de contacto con los raíles. Es por tanto recomendable quitar cada rasqueta del raíl para asegurarse de que no esta agarrotada y aplicar a las piezas rozantes y al raíl una grasa ligera o aceite. Si no se toman estas precauciones, las rasquetas podrían quedar adheridas a los raíles y provocar la caída de todo el sistema de recogida al fondo del tanque cuando se conectara el colector. Cuando se pone en marcha el sistema colector por primera vez, debe comprobarse en cada rasqueta que la separación entre su extremo y la pared es de 2.5 a 5 cm. Esta separación evita el roce con la pared del tanque y la posible rotura de alguna rasqueta que obstruirá al movimiento de las demás, rompiéndolas a su vez. Cuando se encuentre una rasqueta rota hay que sustituirla o retirarla de las cadenas.

6.1. Operación y mantenimiento diarios.

Entre las operaciones normales, hay que programar las siguientes actividades diarias:

- inspección: realice inspecciones rutinarias frecuentes deteniéndose a mirar, a escuchar y a pensar.
- lavado: retire con agua a presión las acumulaciones de partículas sólidas, grasa, fangos y otras materias de los lugares de paso, barandillas y demás partes visibles de las estructuras y equipos.
- lubricación: engrasar todo el equipo móvil siguiendo las instrucciones del fabricante y compruebe los niveles de aceite en los motores que lo tengan.
- mantenimiento preventivo: siga las instrucciones del fabricante.
- rasquetas: examine los pernos por si hay alguno suelto o corroído.
- cadena y ruedas dentadas: compruebe el desgaste porque 1.5 mm de desgaste en cada uno, supone en 400 eslabones, unos 60 cm más de longitud en la cadena.
- registro de datos: escriba en su cuaderno de notas todas las observaciones de cosas anormales, y traslade esas notas a los partes de control de la instalación.
- Bombeo de fangos y flotantes: se vera en un punto posterior.

7. MEDIDAS A TOMAR ANTE UN RENDIMIENTO BAJO DEL DECANTADOR.

Si los análisis del laboratorio o la inspección visual indican que un decantador no esta dando el rendimiento adecuado, hay que identificar la causa del problema y tomar las medidas correctoras pertinentes.

Problema

Montones de flotantes de fangos.	1,2,3,4,5
Grandes cantidades de flotantes.	2.3*,2.4*,2.5*
Perdidas de sólidos por los vertederos del efluente.	1,2,3,4,5,2.7*,2.8*
Rendimiento de eliminación bajos.	
pH bajo y malos olores.	5
manto profundo de fangos, pero bombeo de fangospoco densos	1,2,3,4,5,6
El mecanismo de fangos da tirones o saltos.	3,2.1*, 2.2*,2.3*,2.6*
El mecanismo colector de fangos no funciona.	6
las protecciones térmicas o de sobreintensidad del motor se disparan continuamente	6

- El punto a comprobar número 2 esta dividido en dos partes, a) para decantadores circulares y b) para decantadores rectangulares.

1. Bomba de fangos
    1. Bombas de pistón
        1. Asiento de válvula de retención.
        2. Bulón.
        3. Ajuste de la empaquetadura.
        4. Correas de transmisión.
        5. Válvulas de seguridad.
        6. Tiempo de bombeo.
    2. Bombas de desplazamiento positivo.
        1. Aire acumulado en la bomba.
        2. El rotor obturado.
        3. Correa de transmisión.
        4. Ajuste de la empaquetadura.
        5. Tiempo de bombeo.
    3. Bombas centrifugas
        1. Aire acumulado en la bomba.
        2. Ajuste de la empaquetadura
        3. Rodete obturado.
        4. Tiempo de bombeo.
    4. Inyector de aire.
        1. Suministro de aire.
        2. Válvulas de pie.
        3. Válvulas de cierre.
        4. Electrodos.
        5. Tiempo de bombeo.
2. Mecanismo de recogida
    1. Decantador circular.
        1. Motor de arrastre.
        2. Desconectador por sobrecarga.
        3. Rasqueta de recogida de flotantes.
            - funcionamiento
            - plancha de goma
        4. Trampa de salida de flotantes.
        5. Caja de flotantes.
    2. decantador rectangular.
        1. Motor de arrastre.
        2. Embrague.
        3. Rasquetas.
        4. Trampa de salida de flotantes.
        5. Rasqueta de flotantes.
        6. Colector transversal.
        7. Tubería o canal de entrada.

8. Deflector de entrada.
3. tuberías y sumidero de fangos
    1. A veces las tuberías y sumidero pueden lavarse a contracorriente
4. calidad del sobrenadante de retorno del digestor
5. influente
    1. cambio en su composición o temperatura.
    2. . cambio de caudal.
6. el mecanismo de recogida da saltos, vibra o se atasca
    1. manto de fangos demasiado grande: Bombear fuera los fangos, si el mecanismo funciona bien.
    2. el mecanismo de arrastre tiene un diente o un eslabón roto
    3. rasqueta rota, o una piedra o un palo atascado entre la rasqueta y el suelo o entre la goma de arrastre de fangos y el suelo

Si ocurre (b) o (c), o el mecanismo no funciona adecuadamente, hay que desaguar el tanque. No hay que intentar levantar o empujar el mecanismo de recogida porque puede dañarse seriamente el equipo.

La acción correctora debe depender de la naturaleza del problema, así como de las facilidades con que cuenta la instalación.

8. BOMBEOS DE FANGOS Y FLOTANTES.

Las partículas que sedimentan en el fondo del decantador forman los fangos. El fango acumulado hay que quitarlo con frecuencia, y esto se hace en la mayoría de los casos por medio de bombas u otro sistema de limpieza mecanizada. Los tanques de limpieza mecanizada no necesitan ponerse fuera de servicio para su limpieza. En los decantadores primarios se pueden desarrollar rápidamente condiciones sépticas si el fango no se extrae a intervalos regulares. El intervalo más adecuado depende de muchas circunstancias y puede variar desde 30 minutos a 8 horas, y en algunos casos hasta incluso24 horas. La experiencia será la que dicte la frecuencia de extracción más apropiada. La septicidad de los fangos se puede reconocer cuando la gasificación de los fangos hace que floten en la superficie del agua grandes aglomeraciones de ellos. El fango séptico es generalmente maloliente y ácido.

Si es posible, hay que eliminar el exceso de agua de los lodos a causa de sus efectos sobre el volumen de fango bombeado y sobre la operación del digestor. Un fango primario bien espesado contendrá de 4% a 8% de sólidos secos. Las condiciones que puedan afectar a la concentración de los fangos son la densidad especifica, el tamaño y forma de la partícula, y la temperatura y la turbulencia en el tanque.

Los caudales de extracción deben ser bajos, con objeto de impedir la salida de demasiada agua con el fango. Mientras se bombea el fango, hay que tomar a menudo muestras y examinarlas a simple vista para ver si hay exceso de agua. Si las muestras dan un fango de poca densidad hay que detener el bombeo. Aprenda con la practica a distinguir entre fangos ligeros y espesos. Hay varios métodos para determinar si un fango es espeso o ligero sin análisis de laboratorio.

1. Sonido de la bomba de fangos. Esta tiene normalmente un sonido diferente cuando el fango es espeso de cuando es ligero.

2. Lecturas de la presión. La presión de descarga de la bomba es mayor cuando el fango es espeso.

3. Lecturas de la densidad del fango.

4. Observación visual de una cantidad pequeña (3 litros o menos).

5. Observar el fango cuando se bombea, a través de una mirilla de cristal en la tubería de fangos.

Cuando aprenda a usar los indicadores mencionados, deberá compararlos frecuentemente con las pruebas de laboratorio. El análisis de sólidos totales del laboratorio es el único método seguro de determinar la densidad especifica. Sin embargo, este proceso analítico es demasiado lento para controlar una operación rutinaria de bombeo.

Los decantadores primarios tienen a menudo una zona de acumulación de los flotantes, de donde son retirados por medios mecánicos, utilice herramientas de mano, tales como una espumadera adosada a un mango de escoba.

Compruebe con frecuencia el canalillo de recogida para asegurarse de que funciona debidamente. Limpie la arqueta y agua caliente.

9. Mantenimiento general.

En este punto se dan algunas sugerencias que pueden serles útiles para mantener los decantadores funcionado adecuadamente.

1. Organice y mantenga ordenada un sistema de archivo para consultas posteriores. Este archivo debe contener unas fichas para anotar la descripción y fecha de todas las reparaciones y actividades de mantenimiento, incluidas las rutinarias como la lubricación. También se deben guardar en el archivo los manuales de instrucciones de operación y mantenimiento, catálogos, nombres, direcciones y números de teléfono de los representantes de los fabricantes.

2. Lubrique siempre el equipo con os intervalos recomendados por el fabricante, y use los lubricantes adecuados (siga las instrucciones del fabricante). Es muy importante que no engrase en exceso.

3. Limpie todo el equipo y estructuras con regularidad

4. Observe y corrija (si es posible) todos los ruidos peculiares, perdidas, irregularidades de presión y vacío, correas de transmisión, sistemas eléctricos y dispositivos de seguridad.

5.Cuando haya que vaciar un decantador para hacer una inspección o reparación, mantenga húmedas las rasquetas de madera por medio de riegos periódicos con una manguera, para evitar se agrieten y curven.

6. Seguridad.

1.gases.

Cualquier zona cerrada, como un pozo húmedo para bomba, puede tener gases venenosos, asfixiantes o explosivos acumulados, si la ventilación no es suficiente. Los gases más corrientes son:

a. El sulfhídrico. Hule a huevo podrido. Se combina fácilmente con el oxigeno para producir ácido sulfúrico. Puede paralizar al aparato respiratorio.

b. El cloro. Es irritante para los ojos, la boca y la nariz. Ocasiona la muerte por asfixia y por formación de ácido en los pulmones.

c. El anhídrido carbónico. Inodoro, insípido. Puede causar la asfixia indirectamente al sustituir al oxígeno, en lugar cerrado y poco ventilado.

d. El monóxido de carbono. Inodoro, no irritante, inflamable, explosivo. Vigile la existencia de monóxido de carbono cerca de los motores de gas o los sistemas de gas con perdidas en lugares de excava ventilación.

e. La gasolina y otros derivados del petróleo. Pueden dar lugar a fuegos y causas asfixias.

f. El metano. Explosivo, inodoro (estado puro) y asfixiante.

2. caídas.

a. Limpiando rápidamente las manchas resbaladizas de grasa y aceite en las zonas de paso.

b. Andando, no corriendo, por las proximidades de los decantadores.

c. Evitando el desorden. recoja y coloque las mangueras, cuerdas, cables, herramientas, cubos, tablas, etc.

d. No sentándose en las barandillas, ni saltando por encina, o colgándose de ellas.

3. peligro de ahogarse.

para luchar contra este peligro:

a. Tenga a mano salvavidas, cuerdas o tubos de inmersión, para echárselos a cualquiera que se caiga. Siempre que sea necesario se debe llevar puesto el equipo apropiado.

4. esfuerzos inútiles.

utilice las llaves o herramientas apropiadas:

a. para mover las válvulas agarrotadas.

b. para levantar pesados.

Procesos biológicos aerobios

PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Procesos_biol%C3%B3gicos_aerobios

1. INTRODUCCIÓN

Cuando las aguas residuales entran en una Estación Depuradora, sufren un pretratamiento en el que se retiran los sólidos y gruesos de gran tamaño, así como las arenas y grasas. A continuación, el agua pasa al denominado tratamiento primario, donde se eliminan sólidos en suspensión fácilmente sedimentables y algo de materia orgánica.

La materia orgánica que queda disuelta y en suspensión así como el resto de las partículas sólidas que no se han eliminado en los tratamientos anteriores, son eliminadas mediante los denominados “Procesos Biológicos de Depuración Aerobia”, que en la línea de aguas constituyen los tratamientos secundarios.

Podemos definir los “Procesos Biológicos de Depuración Aerobia”, como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y el conjunto de flóculos es lo que todos conocemos como fango biológico.

Los objetivos que persigue este tipo de tratamiento son la transformación de la materia orgánica y la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables. En el caso de algunas aguas residuales urbanas, también se persigue la eliminación de Nitrógeno y de Fósforo. Por último, conseguimos además la disminución de los microorganismos patógenos y fecales que habitan el agua residual.

Básicamente, existen dos tipos de tratamientos biológicos aerobios:

- Procesos de Cultivo en Suspensión (Fangos Activados).
- Procesos de Cultivo Fijo (Lechos Bacterianos).

En este capítulo, nos vamos a centrar en como suceden los mecanismos de depuración biológica aerobia y más concretamente en el proceso de Fangos Activos, siendo los Lechos Bacterianos objeto del capítulo siguiente.

2. FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS

2.1. Los procesos de oxidación biológica

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:

Materia orgánica + Microorganismos + Nutrientes + O_2=>

>Productos Finales + Nuevos microorganismos + Energía

Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de respiración endógena u oxidación.

2.1.1. Reacciones de síntesis o asimilación

Consisten en la incorporación del alimento (materia orgánica y nutrientes) al interior de los microorganismos. Estos microorganismos al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente. Parte de este alimento es utilizado como fuente de Energía. La reacción que ocurre es la siguiente:

CHNO (materia orgánica) + O_2 + Bacterias + Energía ==>

$C_5H_7NO_2$ (sustancias del interior bacteriano)

2.1.2. Reacciones de oxidación y Respiración endógena

Los microorganismos al igual que nosotros, necesitan de Energía para poder realizar sus funciones vitales (movimiento, reproducción, síntesis de biomoléculas etc), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos de acuerdo con la siguiente reacción:

$C_5H_7NO_2$ (material celular) + $5O_2$ ==> $5CO_2$ + $2H_2O$ + NH_3 + Energía

Como podemos observar, después de un tiempo de contacto suficiente entre la materia orgánica del agua residual y los microorganismos (bacterias), la materia orgánica del medio disminuye considerablemente transformándose en nuevas células, gases y otros productos.

A todo este conjunto de reacciones se les denomina de oxidación biológica, porque los microorganismos necesitan de oxígeno para realizarlas.

Dado que las reacciones de carácter aeróbico contribuyen a la generación de una gran cantidad de energía en forma de ATP, las células microbianas tienden a aumentar su concentración considerablemente, y en consecuencia aumenta la tasa de formación del Floc biológico.

2.2. Factores que intervienen en la oxidación biológica

Los factores principales que hay que tener en cuenta para que se produzcan las reacciones biológicas y por tanto, la depuración del agua residual son:

Las características del sustrato

las características físico-químicas del agua residual, determinan el mejor o peor desarrollo de los microorganismos en este sistema, existiendo compuestos contaminantes que son degradables biológicamente y otros que no lo son.

Los nutrientes

El interior celular, aparte de C, H y O, elementos característicos de la materia orgánica, contiene otros elementos como son el N, P, S, Ca, Mg e.t.c., denominados nutrientes y que a pesar de que muchos de ellos se encuentran en el organismo sólo en pequeñas cantidades, son fundamentales para el desarrollo de la síntesis biológica.

Se ha determinado a nivel medio que los microorganismos para sobrevivir necesitan por cada 1000 g. de C, 43 de N y 6 de P, y que en las aguas residuales urbanas existen por cada 1000 g. de C, 200 g. de N y 16 g. de P.

Si comparamos lo que necesitan los microorganismos para sobrevivir, con las cantidades existentes de dichos elementos en el agua residual, podemos concluir que a título general dichos microorganismos pueden desarrollarse en el agua residual perfectamente.

Es interesante comentar que en el caso de determinadas aguas con vertidos industriales, las proporciones de dichos elementos no están equilibradas, siendo necesario a veces dosificar N y P en el agua, para que pueda darse el desarrollo bacteriano y exista depuración biológica.

‘”Aportación de Oxígeno: ‘“

Como hemos visto, para el desarrollo de las reacciones biológicas es necesario un medio aerobio, es decir, con oxígeno suficiente que permita el desarrollo y la respiración de los microorganismos aerobios.

‘”Temperatura: ‘“

A medida que aumenta la Temperatura, aumenta la velocidad con que los microorganismos degradan la materia orgánica, pero a partir de los 37oC, dichos organismos mueren. Nuestras temperaturas son ideales para el desarrollo óptimo de los procesos de depuración biológica.

‘”Salinidad: ‘“

El contenido en sales disueltas no suele ser problemático para el desarrollo bacteriano en el proceso de fangos activos hasta concentraciones de 3 a 4 g/L. En los procesos de cultivos fijos (lechos bacterianos), la influencia es aún menor, no afectando valores que no superen los 15 g/L. Sin embargo, existen multitud de grupos bacterianos capaces de vivir en aguas saladas, de forma que si a tu sistema de depuración le das tiempo de adaptación, pueden desarrollarse bastante bien

dichos grupos microbianos a concentraciones salinas superiores. En este sentido, la E.D.A.R. de El Rompido que funciona mediante tratamiento biológico por Fangos Activos, tiene un rendimiento excelente con aguas residuales de elevada salinidad.

‘”Tóxicos o inhibidores: “‘

Existen una serie de sustancias orgánicas e inorgánicas que, a ciertas concentraciones, inhiben o impiden los procesos biológicos. Este tipo de sustancias, entre las que se encuentran los metales pesados, ejercen un efecto perjudicial sobre los microorganismos encargados de depurar el agua y por tanto, no deben de entrar en las plantas depuradoras con el agua residual, o si entran deben de hacerlo en concentraciones muy bajas.

Todos estos factores mencionados son de gran importancia, y deben de ser controlados si queremos obtener un rendimiento eficaz de depuración por parte de los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica del agua residual.

2.3. Los procesos de Nitrificación-Desnitrificación

Son procesos llevados a cabo por determinados grupos de microorganismos bacterianos que se utilizan en aquellas plantas de tratamiento de aguas residuales, donde aparte de la eliminación de la materia orgánica se persigue la eliminación de nitrógeno.

La eliminación de la materia nitrogenada es necesaria cuando el efluente de la E.D.A.R. va a ir bien a embalses o masas de agua utilizadas para captación de aguas potables, bien a las denominadas por ley como zonas sensibles.

2.3.1. El proceso de Nitrificación

La nitrificación es el proceso en el que el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida, transformándose primero en nitrito y, posteriormente en nitrato.

Estas reacciones las llevan a cabo bacterias muy especializadas, diferentes de aquellas que se encargan de degradar la materia orgánica del medio.

Este tipo de bacterias, se reproducen mas lentamente y son muy sensibles a los cambios de su medio habitual.

A su vez, necesitan de un aporte de Oxígeno suplementario para que sean capaces de desarrollar las reacciones anteriormente mencionadas, de esta forma en las cubas de aireación de fangos activados necesitan de un nivel de oxígeno de al menos 2 mg/L.

2.3.2. El proceso de desnitrificación

La desnitrificación consiste en el paso de los nitratos a nitrógeno atmosférico, por la acción de un grupo de bacterias llamadas desnitrificantes. Dicha forma de nitrógeno tenderá a salir a la atmósfera, consiguiéndose así, la eliminación de nitrógeno en el agua.

Para que las bacterias desnitrificantes actúen, es necesario que el agua tenga bastante carga de materia orgánica, una fuente de nitratos elevada, muy poco oxígeno libre y un pH situado entre 7 y 8.

El oxígeno asociado a los nitratos es la única fuente de oxígeno necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. De esta forma los niveles de oxígeno libre en el medio donde actúan deben de ser inferiores a los 0,2 mg/L.

Es interesante comentar que el tiempo mínimo de contacto entre el agua y las bacterias desnitrificantes debe de ser suficiente para que se produzcan las reacciones deseadas, estimándose un tiempo mínimo de 1,5 horas a caudal medio.

3. EL PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS

El proceso de fangos activados es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar mas microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos.

3.1. Principios de funcionamiento

En el proceso de fangos activados pueden distinguirse dos operaciones claramente diferenciadas: la oxidación biológica y la separación sólido-líquido.

La primera tiene lugar en el denominado reactor biológico o cuba de aireación, donde vamos a mantener el cultivo biológico en contacto con el agua residual. El cultivo biológico, denominado licor de mezcla, está formado por gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica anteriormente mencionadas.

La población de microorganismos debe de mantenerse a un determinado nivel, concentración de sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM), para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga.

En esta fase del proceso que ocurre en la cuba de aireación, es necesario un sistema de aireación y agitación, que provoque el oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aerobias, que permita la homogenización de la cuba y por tanto que todo el alimento llegue igual a todos los organismos y que evite la sedimentación de los flóculos y el fango.

Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente oxidada, lo que requiere un tiempo de retención del agua en el reactor, el licor mezcla pasará al denominado decantador secundario o clarificador. Aquí, el agua con fango se deja reposar y por tanto, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los fangos.

El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al reactor biológico para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El excedente de fangos, se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos.

3.2. Control de procesos en el sistema de fangos activados

3.2.1. Parámetros operacionales

Son una serie de parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de diseñar la cuba de aireación y el clarificador, siendo a su vez controlados para mantener un óptimo funcionamiento de la planta. Dichos parámetros son:

‘”Carga másica‘“

Es la relación que existe entre la carga de materia orgánica que entra en el reactor biológico por unidad de tiempo, y la masa de microorganismos existentes en el mismo. Se expresa como:

Cm = Q * So / V * X

Q = caudal; So = D.B.O.5 de entrada; V = volumen; X = sólidos en suspensión volátiles del licor de mezcla (SSV) de la cuba de aireación.

‘”Edad del fango ‘“

Es la relación entre la masa de fangos existentes en la cuba de aireación y la masa de fangos en exceso extraídos por unidad de tiempo. Se expresa como:

E = V * X / Qp * Xp

Qp = caudal de la purga de fangos; Xp = SSV de la purga de fangos (fangos en exceso).

‘”Carga volumétrica ‘“

Es la relación entre la masa de materia orgánica que entra en el reactor por unidad de tiempo, y el volumen de la cuba. Se expresa como:

Cv = Q * So / V’“

‘”Rendimiento ‘“

Es la relación que existe entre la masa de materia orgánica eliminada y la del influente que entra en el reactor biológico. Se expresa en %.

R = So - S / So

S = D.B.O.5 de la salida del decantador secundario.

3.2.2. Parámetros de control

Existen una serie de variables que hay que controlar para asegurarnos de que el proceso de fangos activos funciona bien. Entre estas variables se encuentran:

‘”La calidad exigida al efluente: ‘“

La calidad que las autoridades exijan al agua de salida, va a determinar tanto el funcionamiento del proceso como el control del mismo. Si se requiere un alto grado de tratamiento, el proceso deberá estar muy controlado y probablemente se requiera de un tratamiento adicional. Dicha calidad deberá ser determinada a través de las analíticas realizadas por el laboratorio.

‘”Características del agua residual a tratar: ‘“

Los caudales y características del afluente, se encuentran fuera del campo de actuación del operador, siendo competencia del laboratorio y de las autoridades municipales que controlan los residuos que se vierten en el sistema colector, evitando que determinadas industrias viertan residuos tóxicos para los microorganismos que trabajan en la cuba de aireación.

‘”Cantidad de microorganismos activos que se necesitan en el tratamiento: ‘“

La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento disponible, es un parámetro decisivo en el control del proceso. Si esta proporción no es equilibrada, aparecerán serios problemas en planta. El número de organismos aumenta también al aumentar la carga de materia orgánica (alimento) y el tiempo de permanencia en la cuba de aireación (edad del fango). El operador deberá eliminar el exceso de microorganismos (fangos en exceso o purga de fangos) para mantener el número óptimo de trabajadores para el tratamiento eficaz de las aguas.

Por otra parte, es fundamental proceder a una recirculación de fangos desde el decantador hasta la cuba de aireación, para mantener una concentración de organismos suficiente, ya que si no se irían eliminando y se acabaría con un lavado del tanque.

El fango del decantador debe extraerse tan pronto como se forme la manta de fangos, ya que de permanecer en él, pueden darse fenómenos que hagan que el fango flote. El sistema de bombeo de fangos, por tanto, debe encontrarse en condiciones óptimas para actuar cuando se le necesite.

Para conocer la concentración de microorganismos del licor de mezcla y de los fangos de recirculación, se determinará el nivel de sólidos volátiles en ambos.

‘”Nivel de Oxígeno disuelto: ‘“

El oxígeno que se aporte a la cuba de aireación debe de ser suficiente para que, los microorganismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica.

La relación cantidad de oxígeno / cantidad de alimento debe estar regulada y mantenerse estable. Una descompensación en un sentido o en otro, puede dar lugar a una aparición de organismos filamentosos que tienden a flotar en el decantador secundario, alterando totalmente la separación sólido-líquido y tendiendo a ser lavados con el efluente.

El nivel de oxígeno disuelto suele medirse con sensores que dan información inmediata de las cantidades de oxígeno en cuba, a partir de esta información los sistemas de agitación y de aireación se ponen en marcha o se paran.

La agitación debe de estar bien controlada, para que el oxígeno y el alimento se distribuyan homogéneamente por toda la cuba.

‘”Tiempo de retención: : “‘

Para que se pueda dar el proceso de oxidación biológica, es necesario que los microorganismos permanezcan un tiempo de contacto suficiente con las aguas residuales. Este tiempo de retención es uno de los parámetros que hay que tener en cuenta para diseñar las cubas, ya que en relación con el caudal a tratar y el tiempo que debe permanecer el caudal en la cuba, calcularemos el volumen de la misma.

‘”Índice volumétrico de fangos: : “‘

Se define como el volumen en ml ocupado por un gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla, tras una sedimentación de 30 minutos en una probeta de 1000 ml. Por lo tanto, tomamos 1 litro de licor mezcla y lo ponemos a sedimentar durante 30 minutos, apuntamos el volumen que ocupa el fango y hacemos la relación:

IVF = mL sólidos sedimentables * 1000 / ppm de SSLM

Este valor nos da el comportamiento de los fangos en el decantador. Si el valor es menor de 100 implica fangos con desarrollo de organismos que sedimentan bien y por tanto buena separación sólido-líquido. Si el valor es superior, se han desarrollado organismos filamentosos con mala sedimentación, lo que nos lleva a una descompensación en el funcionamiento del sistema.

4. ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS

Las lecturas de datos que se citan a continuación y su registro diario, pueden ayudar al personal que trabaja en la Planta a determinar cuales son las condiciones de control que optimizan el rendimiento de la Estación de Tratamiento, contrastando el funcionamiento de la misma con los datos registrados.

Estos datos también pueden servirnos como indicadores de diversos problemas así como de la causa de los mismos.

Es necesario hacer un registro de:

- Sólidos en suspensión totales y volátiles en:
  - Efluente primario
  - Licor de mezcla
  - Recirculación de fangos
  - Efluente de salida
- D.B.O., D.Q.O. o T.O.C. en:
  - Efluente primario
  - Efluente de salida
- Oxígeno disuelto: es fundamental la instalación de sensores en la cuba de aireación.
- Sólidos decantables en:
  - Licor de mezcla
  - Agua de salida
- Temperatura: lectura de sensores en la cuba de aireación.
- pH: lectura de sensores en la cuba de aireación o determinación “in situ”.
- Coliformes en:
  - Entrada al biológico
  - Salida del biológico
- Nitrógeno y Fósforo total en:
  - Agua de entrada
  - Agua de salida

También será necesario registrar los siguientes datos:

- Caudal de entrada
- Kilogramos de sólidos volátiles en cuba de aireación
- Kilogramos de D.Q.O. en la entrada al biológico
- Kilogramos de fangos en exceso evacuados

- Caudal de recirculación de fangos
- Caudal de purga
- Kilogramos de sólidos de fangos evacuados al digestor
- Coste energético

Pero el control de la instalación no solo consiste en la revisión constante y diaria de las condiciones de proceso, sino que también es preciso realizar un mantenimiento efectivo de los equipos, para que estos estén siempre en óptimas condiciones de operatividad.

Además de todo esto, la vista, el olfato y la propia experiencia, aportan datos suficientes como para reconocer los problemas, el posible origen de los mismos y la solución más eficaz.

5. TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS

En función de los objetivos de calidad requeridos en el efluente, la depuración puede consistir en la eliminación de la materia orgánica carbonada, o también llevar asociada la reducción de la materia nitrogenada.

Según el objetivo de la E.D.A.R., diseñaremos instalaciones encaminadas a la eliminación de materia orgánica o modificaciones asociadas a dichas instalaciones con el fin de eliminar nitrógeno.

De esta forma podemos distinguir distintos tipos de procesos, entre los que se encuentran los descritos a continuación.

5.1. Procesos convencionales

El proceso convencional tiene tres variantes fundamentales:

5.1.1. Flujo pistón

Se lleva a cabo en una cuba de aireación rectangular, seguida de un decantador secundario. Tanto el agua residual como el fango recirculado desde el decantador, entran en la cuba por un extremo y son aireados por un período de 6 horas, tiempo en el que se produce la adsorción, floculación y oxidación de la materia orgánica.

Se utiliza para aguas domésticas no muy concentradas. El proceso es susceptible a cargas de choque.

5.1.2. Mezcla completa

El contenido total del proceso se mezcla uniformemente. El agua residual de entrada al proceso y los fangos recirculados, se mezclan e introducen en diversos puntos del tanque de aireación a lo largo de un canal central.

De esta forma conseguimos que, tanto la demanda de oxígeno como la carga orgánica sean homogéneas de un extremo al otro de la cuba de aireación.

El proceso es usado en aplicaciones generales, siendo resistente frente a cargas de choque.

5.1.3. Alimentación escalonada

El agua residual se introduce en distintos puntos de la cuba de aireación y los fangos recirculados por un extremo. Conseguimos disminuir las demandas puntas de oxígeno, consiguiéndose mejores propiedades de adsorción de la materia orgánica a los flóculos, siendo eliminada por un período más corto.

Este proceso es de aplicación general.

5.2. Aireación prolongada

Este proceso requiere cargas no muy altas y tiempos de aireación prolongados.

Suele aplicarse a plantas pequeñas que tratan menos de 10000 habitantes.

Sus instalaciones prescinden de decantación primaria, pasando el agua desde el pretratamiento directamente a la cuba de aireación, y pasando después por el decantador secundario.

El proceso es flexible frente a variaciones de carga, siendo similar al que actualmente está funcionando en la E.D.A.R. de El Rompido.

5.3. Canales de oxidación

La oxidación biológica tiene lugar en un canal circular cerrado, provisto de aireadores superficiales horizontales (rotores que provocan la aireación y circulación de los fangos).

Cuando se diseñó este tipo de procesos, era discontinuo, funcionando el canal como reactor biológico y decantador alternativamente. Actualmente funciona de forma continua, estando el canal seguido de un clarificador.

Generalmente se diseña para tratar una baja carga, si bien funciona excelentemente a media carga y es flexible a las variaciones.

Debido a la geometría de los canales, podemos obtener zonas mas oxigenadas con nitrificación y zonas muy poco oxigenadas con desnitrificación, por lo que es un sistema bueno para eliminar materia orgánica y nitrógeno.

Existen diversas variantes de este tipo de sistemas, entre las que encontramos:

5.3.1. Carrousel

En este sistema el tanque de aireación tiene configuración de canal, pero en lugar de rotores utiliza aireadores de eje vertical instalados frente al tanque divisorio, lo que permite interceptar el régimen de corrientes y utilizar la potencia aplicada en transferir oxígeno y conseguir un flujo continuó de fangos en el canal suficiente para evitar la sedimentación.

Con esta variante, podemos conseguir profundidades del tanque de hasta 4 metros.

Si asociamos zonas del tanque con poco oxígeno y alta carga, conseguimos eliminar nitrógeno.

5.3.2. Proceso orbal:

Este sistema consiste en una serie de canales concéntricos, en los que las cantidades de oxígeno suministrado varían de un canal a otro.

El agua pasa, inicialmente, al canal periférico y a través de pasos sumergidos, va circulando de un canal a otro para llegar finalmente a un decantador.

La característica principal del sistema orbal es el diferente grado de oxigenación que se mantiene en los distintos canales, típicamente operando en 0,1 y 2.0 ppm de oxígeno disuelto en el primer, segundo y tercer canal respectivamente.

El sistema es idóneo para procesos de nitrificación-desnitrificación, ya que el agua entra en el primer canal y el fango allí existente empieza a degradar la materia orgánica, empezando a desarrollarse bacterias desnitrificantes (zona de poco oxígeno), posteriormente el agua va pasando por los canales mas oxigenados donde va sufriendo procesos de oxidación biológica y nitrificación. El licor mezcla sé recircula del tercer al primer canal, permitiendo que los nitratos formados sean transformados en nitrógeno atmosférico por las bacterias desnitrificantes.

5.4. Procesos de bioadsorción

La bioadsorción es el fenómeno mediante el cual la materia orgánica se adhiere a la superficie de los flóculos y es degradada por las bacterias allí existentes.

Este fenómeno es mas acusado cuanto mejor funciona un fango activo y presenta flóculos muy bien formados.

Podemos distinguir dos tipos de procesos de fangos activos que aprovechan las propiedades bioadsorbentes de los flóculos.

5.4.1. Contacto-estabilización

La alimentación por agua residual del proceso biológico tiene lugar en dos etapas que se desarrollan en cubas separadas.

La primera es la fase de adsorción que se desarrolla en la primera cuba durante 20-60 minutos. En ella se adsorben en los flóculos una buena parte de la materia orgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual. A continuación el agua pasa a un clarificador y el fango decantado pasa a la segunda cuba de aireación donde se le da tiempo suficiente para que se produzca la oxidación de la materia orgánica por las bacterias.

Este tipo de proceso es muy flexible y se utiliza muchas veces como ampliación de plantas existentes.

5.4.2. Proceso de doble etapa

Consiste en realizar una depuración biológica en dos etapas, cada una de las cuales presenta reactor biológico y decantador secundario.

En la primera etapa se alimenta la primera cuba con cargas elevadas, con un corto período de oxigenación, lo que favorece el desarrollo de microorganismos resistentes a elevadas cargas y sustancias tóxicas favoreciéndose las propiedades adsorbentes de los flóculos.

En la segunda etapa, se establece una carga media o baja, con un alto contenido en oxígeno, funcionando de forma similar a los procesos convencionales, predominando la oxidación biológica.

Este sistema es interesante para aguas residuales con fuertes variaciones de carga, ph, componentes tóxicos e.t.c., es decir aguas residuales con fuerte componente industrial.

5.5. Sistemas de oxígeno puro

Son similares a los procesos convencionales solo que en lugar de aire utilizamos oxígeno puro. El oxígeno puro es mas caro, sin embargo, conseguimos las mismas cantidades de oxígeno en cuba con un menor consumo energético. El oxígeno puede ser recirculado.

El oxígeno puro suele utilizarse con diversas finalidades:

- Estaciones de fangos activos de funcionamiento continuo.
- Estaciones de fangos activos con carga variable, aplicándose solo el oxígeno en los momentos punta.
- Preoxigenación del agua residual, con fines de desodorización o en instalaciones clásicas para aumentar el contenido de oxígeno disuelto e incrementar los rendimientos de depuración.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE FANGOS ACTIVOS

6.1. Cuba de aireación

Las cubas son, generalmente, abiertas y construidas de hormigón armado.

La configuración hidráulica debe garantizar que frente a las normales variaciones de caudal, la altura del licor de mezcla no variará en mas de 30 cm.

La guarda hidráulica debe de ser suficiente, para evitar las proyecciones de fangos y espumas.

El sistema de aireación puede ser por turbinas o por difusores, y se deben de tomar las precauciones necesarias para evitar los ruidos molestos producidos por los sistemas de aporte de aire.

Para plantas pequeñas, la regulación en la oxigenación, puede ser mediante arranque y parada de los equipos mediante temporizadores. Para plantas grandes, la regulación debe ser obligatoriamente en función del oxígeno disuelto del reactor biológico.

Resulta interesante disponer de un dispositivo de control de espumas, que puede consistir en boquillas pulverizadores montadas a lo largo del borde superior del tanque de aireación.

6.2. Decantadores secundarios o clarificadores

Existen tres tipos fundamentales:

6.2.1. Decantadores circulares de rasquetas

Son decantadores de forma circular con sistema de barrido de fangos radial.

Las rasquetas de barrido de fangos conviene que no formen una sola unidad y que sean fácilmente desmontables y extraíbles.

El sistema de arrastre de fangos se desplazará a la velocidad de 120 m/h (perimetral).

La pendiente de solera es del 4 al 10% y el calado de borde entre 2,5 y 3,5 m.

El decantador dispondrá de un sistema de recogida superficial de espumas y flotantes.

Se recomienda que existan paletas de espesamiento en el pozo central de recogida de los fangos.

6.2.2. Decantadores rectangulares de rasquetas

Presentan la ventaja de permitir una implantación mas compacta de todo el tratamiento biológico.

La profundidad suele estar comprendida entre 2,5 y 4 m., siendo la pendiente de solera aproximadamente del 1%.

La velocidad máxima de arrastre de fangos es de 60 m/h.

El pozo de recogida de fangos se diseña de forma que los fangos no estén retenidos mas de 5 horas (válido también para los decantadores circulares).

Los carros móviles deben tener fácil acceso y un sistema de paro frente a obstáculos.

Presentan sistemas de recogida de espumas y flotantes.

6.2.3. Decantadores de succión

Se instalan para decantadores con un diámetro superior a 35 m, recomendándose la recogida de fangos por succión y la evacuación de los fangos se hace mediante un sifón.

Al igual que los anteriores presenta un sistema de recogida de espumas y flotantes.

Todos los tipos de decantadores presentan bombas para la evacuación de fangos y para su recirculación a las cubas de aireación. Los sistemas de extracción de fangos son regulables y controlables mediante temporizadores programables.

7. CAUSAS Y PROBLEMAS HABITUALES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL PROCESO

7.1. Causas de aparición de problemas

Los caudales y la composición de las aguas residuales varían a lo largo del día. El operador debe de intentar mantener el proceso en situación estable y debe de hacer frente a las variaciones de caudal y carga para conseguir un efluente de calidad.

Las variaciones que pueden afectar el funcionamiento de la instalación pueden tener dos orígenes: el sistema colector y la propia depuradora.

7.1.1. Variaciones en el sistema colector

Pueden ser debidas a:

- Sistemas de alcantarillado unitario: en épocas de lluvia, la estación depuradora recibe un caudal superior al habitual lo que plantea diversos problemas como son un menor tiempo de residencia del agua en las unidades de tratamiento, mayor arrastre de sólidos y aumento de la carga orgánica debido al arrastre de residuos acumulados en las alcantarillas.

- Usuarios del sistema: los vertidos de las industrias producen variaciones tanto en el caudal como en las características de las aguas residuales que llegan a la planta depuradora. Este punto se ha de controlar para poder tomar las medidas oportunas.
- Mantenimiento del sistema colector: conocer anticipadamente estas actividades nos puede ahorrar muchos problemas. Por ejemplo si se pone en funcionamiento una estación elevadora que lleva mucho tiempo sin funcionar, grandes volúmenes de aguas sépticas pueden producir cargas de choque en el tratamiento, ocurriendo lo mismo cuando se desatasquen tuberías o se conecten tuberías nuevas al sistema.

7.1.2. Variaciones en el funcionamiento

Para determinar si la estación depuradora está descargando un efluente de calidad, hay que revisar los análisis de laboratorio. Si no se logra la calidad deseada hay que determinar que factores han provocado la disminución del rendimiento del proceso. Dichos factores pueden ser:

- Afluente de mayor carga o de características difíciles de tratar.
- Concentración inadecuada de microorganismos en el aireador.
- Evacuación excesiva o insuficiente de fangos en exceso.
- Caudal de recirculación de fangos inadecuado.
- Excesivo tiempo de permanencia de fangos en el decantador.
- Disminución o exceso de oxígeno en la cuba de aireación.
- Falta de homogeneidad en la cuba por una agitación deficiente.

7.2. Problemas habituales

7.2.1.Cambios en el caudal y características de las aguas residuales

El operador deberá estar siempre alerta frente a la posibilidad de que se viertan tóxicos, a los vertidos accidentales y frente a las tormentas o cualquier otro factor que pueda causar una variación en el caudal del influente o en sus características.

Para compensar los excesos de sólidos y aumento de caudal en épocas de lluvia, reajuste los caudales de recirculación y purga de fangos para mantener la máxima concentración de fangos activos en la cuba de aireación.

Los cambios en las características de las aguas residuales por vertidos industriales pueden ser puntuales o estaciónales. Intente mantener buena relación con los gerentes de las fábricas y consiga que le comuniquen cualquier cambio que pueda ocasionar problemas. Intente convencerles de que descarguen los vertidos anormales poco a poco y no de una vez.

7.2.2. Presencia en el digestor de fangos de un sobrenadante con excesiva carga de sólidos

Los sobrenadantes de la digestión y el espesamiento de fangos son enviados al tratamiento primario. Esta recirculación de sobrenadantes debe ser lenta y realizarse durante períodos de baja carga.

Normalmente los sólidos que salen del digestor de fangos, presentan una elevada demanda de oxígeno inmediata y contienen gran cantidad de sólidos coloidales y disueltos de bajo contenido volátil. Si estos sólidos pasan a la cuba de aireación, se produce en la cuba una demanda de oxígeno superior a la habitual, por lo que es necesario regular la aireación. Además se han de regular los caudales de purga y recirculación con mucho cuidado, ya que la concentración en sólidos inertes (no biológicos) aumenta y si purgamos excesivamente podemos lavar de microorganismos el reactor biológico.

En este caso, se deben mantener los sólidos en el digestor de fangos más tiempo y aumentar la concentración de sólidos en los fangos enviados al digestor.

7.2.3. Subida de fangos por gasificación

No se debe confundir la gasificación con el problema de formación de fangos esponjosos o de espumas. En la gasificación, los fangos se sedimentan y compactan de forma satisfactoria en el fondo del decantador, pero luego suben hasta la superficie en forma de pequeñas partículas, siendo lavados con el efluente. Esto suele ir acompañado de una fina espuma, que aparece en la superficie del decantador.

Los fangos suben porque se producen gases en ellos que tienden a elevarlos a la superficie. La gasificación puede deberse a varios fenómenos, como son la formación de nitrógeno atmosférico y otros tipos de gases. Suele ser debido a un excesivo tiempo de retención de los fangos en el decantador secundario, agotándose el oxígeno que llevan y propiciándose el desarrollo de bacterias que producen los gases anteriormente mencionados. Por ello, los decantadores deben de estar provistos de deflectores y recogedores de flotantes, evitando que los fangos ascendentes se incorporen a la línea de aguas.

7.2.4. Esponjamiento de los fangos

Esponjamiento es el término que se aplica cuando los fangos biológicos muestran una velocidad de sedimentación muy lenta. Esto hace que en decantador secundario no de tiempo para que se produzca la separación sólido-líquido. El manto de fangos en el clarificador se hace mayor y asciende hasta pasar sobre los vertederos, saliendo con el efluente.

Se considera que existen distintos factores que favorecen el esponjamiento de los fangos. Entre ellos una descompensación alimento y cantidad de organismos, un exceso o defecto de oxígeno disuelto en la cuba, pH bajos, una relación poco equilibrada de nutrientes etc.

Es necesario por tanto, que la cuba de aireación tenga condiciones de funcionamiento equilibradas, siendo necesario vigilar para evitar este tipo de problemas:

‘”La edad del fango: “‘

ya que fangos demasiado jóvenes favorecen el esponjamiento. Vigile los sólidos que llegan al tanque y regule cuidadosamente el caudal de evacuación de fangos.

‘”Nivel de oxígeno disuelto: “‘

evite que se produzcan niveles demasiado bajos o altos de oxígeno en la cuba, ya que esto favorecería el desarrollo de microorganismos filamentosos que tienden a flotar.

‘”Tiempo de aireación: “‘

el esponjamiento por un período de aireación excesivamente corto, suele ser consecuencia de un defecto en el proyecto de la planta, a no ser que en ésta se haya adquirido la costumbre de mantener un volumen excesivo de recirculación de fangos. Si es así, se reduce el caudal de recirculación y se aumenta la purga de fangos, hasta estabilizar el proceso.

‘”Presencia de organismos filamentosos: “‘

los organismos filamentosos presentan graves problemas, pues aparecen mucho mas rápidamente de lo que desaparecen. Tienden a flotar descompensando totalmente el funcionamiento de los fangos en el decantador secundario. Suelen desarrollarse masivamente cuando existe una descompensación en la relación carga de la cuba / oxígeno disuelto en ella. Dependiendo de que la descompensación vaya en un sentido u otro, se desarrollarán organismos diferentes que se manifiestan en fenómenos distintos que reciben diferentes nombres (espumas y bulking).

‘”otros: “‘

Existen otro tipo de factores que estimulan también el desarrollo masivo de estos organismos como son: la calidad del agua residual a tratar, la presencia de putrefacción en el agua, bajas cantidades de fósforo, etc.

Es necesario, por tanto, un buen mantenimiento de las condiciones funcionales de la planta para evitar el esponjamiento de los fangos y si este sucede, hay que actuar rápidamente, aumentando la densidad de estos fangos. Este aumento de densidad se puede conseguir bien variando las condiciones del proceso (caudales de purga y recirculación, niveles de oxígeno disuelto, carga de alimentación), bien incrementando los sólidos inertes en la cuba de aireación o añadiendo sustancias como son los floculantes químicos, arcillas o bentonitas.

8. INTRODUCCIÓN A LA BIOINDICACION COMO PARÁMETRO DE MANTENIMIENTO

Podemos definir la bioindicación como un método de trabajo en el cual, a través de la observación microscópica de un fango activo podemos saber como está funcionando el proceso y como modificar sus condiciones funcionales para obtener un óptimo rendimiento de él.

Los organismos que vamos a utilizar como indicadores del buen o mal funcionamiento del proceso son los conocidos como protozoos.

Los protozoos son organismos unicelulares muy especializados. La variedad morfológica de este grupo de organismos es muy amplia. Presentan un importante papel en los sistemas de depuración. Este importante papel se fundamenta en tres razones principales:

- Algunos de ellos, al igual que las bacterias, consumen materia orgánica del agua residual.
- Excretan determinado tipo de sustancias que favorecen la formación de flóculos.
- La tercera y más importante, son los principales consumidores de las poblaciones bacterianas de los sistemas acuáticos. Siendo las bacterias los principales organismos descomponedores de la materia orgánica del medio, los protozoos con su consumo bacteriano ejercen un importante papel regulador sobre estas poblaciones, consiguiendo un óptimo rendimiento de la tasa de consumo de materia orgánica por parte de las bacterias.

Por todo lo anteriormente expuesto, es interesante el desarrollo en nuestra cuba de aireación de protozoos. En este sentido, existen estimas donde se observa que en las cubas de aireación con poblaciones de este grupo de organismos bien desarrolladas, los rendimientos en depuración de materia orgánica y en disminución de patógenos y fecales eran superiores a en las cubas donde no habitaban.

Por otro lado, las comunidades de diversos protozoos van cambiando a medida que varían diferentes variables del funcionamiento de las cubas de aireación. De esta forma, existen comunidades características de fangos de diferente edad, así como en fangos con cualidades diferentes en cuanto a nitrificación, rendimiento de depuración, etc.

A su vez, existen grupos de protozoos que toleran rangos muy estrechos de las condiciones ambientales en que viven, por ejemplo: niveles de oxígeno, presencia de tóxicos, etc. Por lo que su presencia nos indica determinadas condiciones del medio.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos concluir que a través de la observación microscópica de las poblaciones de protozoos que habitan en la cuba de aireación, así como del número de organismos diferentes de este grupo que aparecen en un momento dado, podemos obtener un índice de calidad biológica del fango.

Si además tenemos conocimientos de sus características de vida, podemos prever situaciones que no son detectables mediante técnicas analíticas convencionales y que nos dan la capacidad de actuar anticipadamente a la aparición de graves problemas que nos descompensen el funcionamiento de la planta depuradora.

Podemos considerar los protozoos y la bioindicación como un parámetro de gran interés en el mantenimiento de los procesos de depuración biológica aerobia, como son los fangos activos y el lagunaje.

La utilización de este parámetro se basa en el conocimiento y la experiencia del personal que lo utiliza, permite una gran rapidez de respuesta y requiere muy poco gasto.

Eutrofización

1. INTRODUCCIÓN

La elevada contaminación que las masas de agua están sufriendo, en especial las continentales, ha puesto en alerta tanto a la comunidad científica como al resto de la sociedad. Sobre todo ahora que este elemento, esencial para la vida, es cada vez más escaso, principalmente en algunas regiones como la nuestra. Esto ha hecho que términos como eutrofización sean actualmente muy frecuentes en los medios de comunicación.

De forma intuitiva puede definir el proceso de la eutrofización como el enriquecimiento de nutrientes de las aguas superficiales. Podría parecer que este hecho es bueno para el desarrollo de los seres vivos, sin embargo puede constituir un problema. Si existe exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Al agotarse los nutrientes mueren constituyendo un aporte de materia orgánica que debe ser oxidada por lo que se produce una disminución drástica del contenido de oxígeno en el agua. De esta forma, la masa de agua pierde su calidad y las aguas dejan de ser aptas para la vida, y en general, para el uso al que estaban predeterminadas.

La Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas, transpuesta a la legislación estatal mediante el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, y por el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, viene a completar la protección que proporcionan las citadas leyes, estableciendo distintos niveles de depuración de las aguas residuales urbanas, con carácter previo a su evacuación, en función de la carga contaminante del vertido y de la zona afectada por el mismo.

Asimismo, se establece por la citada Directiva la obligación de los Estados miembros de determinar las zonas sensibles, atendiendo a criterios de eutrofización actual o potencial, capacidad de absorción del medio y usos posteriores de las aguas.

En el presente Decreto se establece una gradual clasificación de las zonas: sensibles, normales y menos sensibles, que implican ese orden, un mayor a menor grado de depuración exigible.

Según se recoge en el Artículo Nº7 sobre la declaración de zonas sensibles y menos sensibles:

> "Zonas sensibles
>
> Se considerará que un medio acuático es zona sensible si puede incluirse en uno de los siguientes grupos:
>
> a. Lagos, lagunas, embalses, estuarios y aguas marítimas que sean eutróficos o que podrían llegar a ser eutróficos en un futuro próximo si no se adoptan medidas de protección.
>
> (Se entenderá por eutrofización: el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno o de fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta).
>
> b. Aguas continentales superficiales destinadas a la obtención de agua potable que podrían contener una concentración de nitratos superior a la que establecen las disposiciones pertinentes del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.
>
> Masas de agua en las que sea necesario un tratamiento adicional al tratamiento secundario establecido en el artículo 5 del Real Decreto-ley y en este Real Decreto para cumplir lo establecido en la normativa comunitaria.
>
> II. Zonas menos sensibles
>
> Un medio o zona de agua marina podrá catalogarse como zona menos sensible cuando el vertido de aguas residuales no tenga efectos negativos sobre el medio ambiente debido a la morfología, hidrología o condiciones hidráulicas específicas existentes en esta zona.
>
> Al determinar las zonas menos sensibles, se tomará en consideración el riesgo de que la carga vertida pueda desplazarse a zonas adyacentes y ser perjudicial para el medio ambiente.
>
> Para determinar las zonas menos sensibles se tendrán en cuenta los siguientes elementos:
>
> Bahías abiertas, estuarios y otras aguas marítimas con un intercambio de agua bueno y que no tengan eutrofización o agotamiento del oxígeno, o en las que se considere que es improbable que lleguen a desarrollarse fenómenos de eutrofización o de agotamiento del oxígeno por el vertido de aguas residuales urbanas."

Con carácter general, las aguas residuales que viertan a una zona declarada como menos sensible serán objeto de, al menos, un tratamiento primario. Aquéllas que viertan a zonas declaradas normales estarán sometidas a un tratamiento secundario o proceso equivalente y como, por último, las que vierten a zonas sensibles deberán someterse a un tratamiento adicional de eliminación de nutrientes.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EUTROFIZACIÓN

La causa de la eutrofización es siempre una aportación de elementos nutritivos de muy diversa procedencia (residuos urbanos, industriales, agrícolas,…). De estos nutrientes, los más efectivos son aquellos para los que existe una limitación natural, principalmente, el nitrógeno y el fósforo. El primer elemento puede ser extraído de la atmósfera por determinados microorganismos quedando en último término el fósforo como principal elemento limitante del proceso.

Por norma general, suele encontrarse en las masas de agua unas proporciones estables entre los nutrientes. De esta manera, suele aceptarse que la relación entre el carbono, el nitrógeno y el fósforo en estos sistemas cumple estas proporciones:

100:15:1 (C:N:P). Esto quiere decir, que por cada unidad de fósforo en las masas de agua, existen quince unidades de nitrógeno disponibles, y son cien las unidades de carbono que están presentes en el medio. De este razonamiento encontramos que el fósforo se constituye como el elemento limitante en los procesos de producción primaria. Cuando se agota todo el fósforo de la masa de agua, los demás elementos se encuentran en exceso. Todo nuevo aporte de fósforo al medio va a permitir un nuevo crecimiento vegetal.

En los últimos años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos lagos y mares casi se han duplicado. La mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) llega a través de la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación del amoníaco o desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

Cuando el aporte de fósforo es alarmante se produce la acumulación de este elemento dentro de las algas que lo utilizarán posteriormente para multiplicarse, produciéndose una proliferación vegetal excesiva. Este efecto condiciona, además, que el fósforo deje de ser el factor limitante pasando a serlo el nitrógeno, lo que provoca la aparición de algas cianofíceas en superficie capaces de fijar dicho elemento a partir del aire atmosférico.

Cuando se da la proliferación de algas, llega un momento en el que el sistema se colapsa y no quedan nutrientes disponibles para que las algas sigan desarrollándose. A este hecho hay que unir la proliferación en superficie de las cianofíceas, creando una capa superficial que impide la penetración natural de luz y el intercambio de oxígeno con la atmósfera. De esta forma, estos organismos no pueden seguir viviendo y mueren.

El agua se vuelve turbia y verdosa, y aparecen bacterias aerobias que consumen el oxígeno de las aguas para oxidar la materia orgánica, la materia vegetal. Esto conlleva una disminución alarmante de los niveles de oxígeno disuelto en el sistema acuático y por lo tanto, la muerte de otros seres vivos, como los peces, por asfixia. Se llega, por tanto, a condiciones anaerobias y se desarrollan procesos fermentativos de los cuales se origina SH2 (sulfhídrico) y NH3 (amoníaco), responsables de mal olor en estos sistemas acuáticos.

3. EFECTOS QUE PRODUCE LA EUTROFIZACIÓN

Los principales efectos que pueden evidenciarse en las masas de agua que se ven afectadas por el fenómeno de la eutrofización son:

Aumento de la producción y biomasa de los productores primarios (fitoplancton y macrófitas).

Modificación de las características de la masa de agua conllevando una pérdida de calidad de la misma, al no poderse destinar para el uso normal al que estaba destinada (véase el caso de los pantanos de agua prepotable).

Sustitución de especies piscícolas deseables por otras menos cotizadas.

Producción de toxinas por determinadas algas (dinoflagelados-mareas rojas).

Desoxigenación del agua, ocasionando normalmente mortandad de peces.

Aumento de los gastos de operación de los sistemas públicos de abastecimiento de agua por problemas de sabor y olor.

Colmatación y obstrucción de los canales de riego por las malas hierbas acuáticas.

Reducción de la posibilidad de utilización del agua para fines recreativos debido a los olores producidos por la descomposición de las algas.

Impedimentos a la navegación debido al crecimiento de densas masas de algas.

Pérdidas económicas debida a la modificación de las especies piscícolas.

4. FACTORES Y PROCESOS QUE AFECTAN EL GRADO DE EUTROFIZACIÓN:

4.1 Relacionados con la masa de agua.

Clima (temperaturas, viento, precipitaciones, disponibilidad de energía solar,…). Afecta la temperatura anual del agua, la dirección y velocidad del viento, cantidad de precipitaciones y estructura térmica de la masa de agua. La disponibilidad de energía solar es muy importante para controlar la producción del fitoplancton durante la estación de crecimiento.

Hidrología (transporte de nutrientes por erosión del suelo). Generalmente, a una mayor cantidad de precipitaciones, se transporta mayores cantidades de agua y nutrientes a la masa de agua durante el ciclo anual. La duración de estas precipitaciones es un factor importante por su relación con las entradas de nutrientes por erosión del suelo.

Morfología de la cuenca (profundidad). La profundidad media tanto del total de la masa de agua como del fondo pueden afectar sustancialmente los impactos de un aumento en la carga de nutrientes al lago o pantano.

Fuentes propias de nutrientes (sedimentos como sumidero de nutrientes). El papel de los sedimentos del fondo puede ser de gran interés para el estado trófico de una masa de agua. En los lagos pobres en nutrientes parte de estos nutrientes importados son retenidos en los sedimentos que actúan de sumidero de éstos. Aquellos lagos con sobrecarga en los que los sedimentos se han enriquecido con fósforo a lo largo del tiempo, la liberación de este elemento en dichos sedimentos puede superar el flujo hacia los mismos durante el período estival especialmente se el fondo se vuelve anóxico, provocándose una proliferación masiva de algas, sin necesidad de un aporte externo de nutrientes.

4.2 Factores antropogénicos:

Vertidos urbanos e industriales. Los vertidos de aguas residuales suelen caracterizarse por su contenido en formas de nitrógeno (nitratos, nitritos y amonio) y fosfatos (principalmente, procedentes de restos de detergentes). Estos, pueden constituir la mayor fuente de carga de nutrientes en la masa de agua, favoreciendo el afloramiento masivo de fitoplancton.

Vertidos de origen agrícola y ganadero. Las diferencias en los patrones de utilización de la tierra y del uso de fertilizantes de una cuenca de drenaje puede ocasionar diferencias importantes en la composición química de las aguas de la escorrentía de cada área. La contribución exacta de la agricultura y la ganadería a la eutrofización del agua superficial y a la contaminación de las aguas subterráneas es difícil de cuantificar (contaminación difusa). El agua subterránea se contamina fundamentalmente como consecuencia de la lixiviación, sobre todo por nitrato.

5. MEDIDAS PARA EVITAR LA EUTROFIZACIÓN

- Incluir tratamientos de eliminación de nitrógeno y fósforo en las EDARs situadas en zonas sensibles, de acuerdo a lo expuesto en la legislación.
- Limitación en el uso de fertilizantes y optimizando los sistemas de aplicación de los mismos.
- Adopción de buenas prácticas de agricultura.
- Control de los focos de contaminación difusa por parte de la Autoridad pertinente.
- Reducir las emisiones de NOx y amoníaco a la atmósfera.

Eliminación biológica de nutrientes

1. EFECTO NOCIVO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO

La DIRECTIVA CEE/271/1991 establece los siguientes porcentajes mínimos de reducción de nutrientes

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	PORCENTAJE MÍNIMO DE REDUCCIÓN.
Fósforo total (P-PO4+P orgánico)	2 mgP/l (de 10.000 a 100000 hab-eq.) 1 mgP/l (más de 100000 hab-eq.)	80
Nitrógeno total (NTK+N-NO3)	15 mgN/l (de 10.000 a 100000 hab-eq.) 10 mgN/l (más de 100000 hab-eq.)	70-80

Las consecuencias de su presencia en las aguas son las siguientes

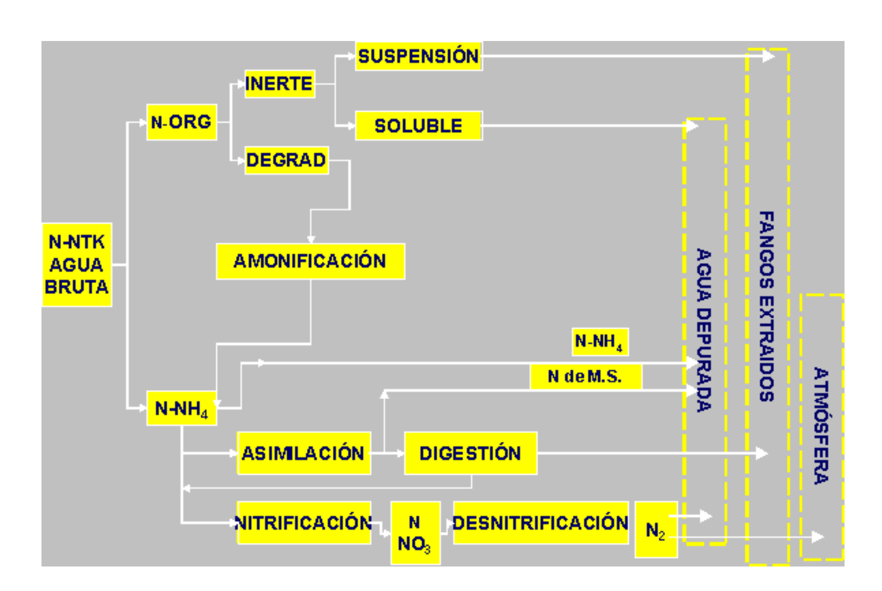
1. Nitrógeno
   1. N-NH4
      - Gran consumo de Oxígeno
      - Tóxico para algunos peces
      - Dificultades para el tratamiento de agua potable
   2. N-NO3
      - Eutrofización del medio
      - Tóxico para la salud humana
2. Fósforo
   - Eutrofización del medio

2. EFECTO DE DIVERSAS OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO SOBRE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO

N

Operaciones y Procesos de tratamiento	Nitrógeno orgánico	NH3-NH4	NO3	Eliminación del Nitrógeno total que entra en el proceso %.
Tratamiento Convencional				
Primario	10-20% eliminado	Ningún efecto	Ningún efecto	5-10
Secundario	15-50% eliminadoUrea -> NH3-NH4	< 10% eliminado	Ligero	10-30
Proceso Biológicos				

Asimilación bacteriana	Ningún efecto	40-70% eliminado	Ligero	30-70
Desnitrificación	Ningún efecto	Ningún efecto	80-90 % elim.	70-95
Cultivo de algas	Transformación parcial a NH3-NH4	->Células	->Células	50-80
Nitrificación	Limitado	-> NO3	Ningún efecto	5-20
Estanques de estabilización	Transformación parcial a NH3-NH4	Eliminación parcial por arrastre.	Eliminación parcial por nitrif/desnitrif.	20-90



3. EFECTO DE DIVERSAS OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO SOBRE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO

Valores típicos para aguas residuales urbanas

Operaciones y Procesos de tratamiento	Nitrógeno orgánico	NH3-NH4	NO3	Eliminación del Nitrógeno total que entra en el proceso %.
Proceso químicos				
Cloración de breakpoint	Incierto	90-100% eliminado	Ningún efecto	80-95
Coagulación química	50-70% eliminado	Ligero	Ligero	20-30
Absorción sobre carbono	30-50 % eliminado	Ligero	Ligero	10-20
Intercambio iónico selectivo para el amoniaco	Ligero, incierto	80-97 % eliminado	Ningún efecto	70-95
Intercambio iónico selectivo para el nitrato	Ningún efecto	Ningún efecto	75-90 % elim.	70-90
Operaciones físicas				
Filtración	30-95% Nitr. Orgánico suspendido eliminado	Ningún efecto	Ningún efecto	20-40
Arrastre con aire	Ningún efecto	60-95 % eliminado	Ningún efecto	50-90
Electro diálisis	100 % de Nitr. Org. suspendido eliminado.	30-50 % eliminado	30-50 % eliminado	40-50
Osmosis inversa	60-90 % eliminado	60-90 % eliminado	60-90 % elim.	80-90

	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Nitrogeno total (NTK)	60 mgN/l	42 mgN/l	25 mgN/l
N-NO3	0 mgN/l	0 mgN/l	0 mgN/l
N-NH4	45 mgN/l	30 mgN/l	15 mgN/l
N Orgánico	15 mgN/l	12 mgN/l	10 mgN/l

3.1 Reacciones para nitrificación

2 NH_4^+ + 3O_2 à 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O

Nitrosomonas

2NO_2^- + O_2 à 2NO_3^-

Nitrobacter

NH_4^+ + 2O_2 à NO_3^- + 2H^+ + H_2O

Consumo de Oxigeno: 4,57 g O_2/ g N-NH_4oxidado

Consumo de Alcalinidad: 7,14 mg CO_3Ca/mg N-NH_4oxidado

3.2 Bacterias nitrificantes

- Organismos quimioautótrofos
- Organismos aerobios estrictos
- Crecimiento de nitrosomonas < Crecimiento de nitrobacter
- Baja producción de materia celular
- Cinética de crecimiento tipo MONOD

	Intervalo	Valor Típico
Nitrosomonas mm (d-1) Ks (NH4 mg l)	0,3 – 2,0 0,2 – 2,0	0,7 0,6
Nitrobacter mm (d-1) Ks (N02 mg l)	0,4 – 3,0 0,2 – 0,5	1,0 1,4

3.3 Factores que afectan la nitrificación

Temperatura

KT = K20ºC * O (T-20)

O Organismos autótrofos = 1,1

O Organismos heterótrofos = 1,07

- pH óptimo: 7,5
- Oxígeno disuelto : 2mg/l
- Alcalinidad

Relación DBO5/NTK

- Tóxicos e inhibidores

4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO: CULTIVOS EN SUSPENSIÓN

- Determinación del pH del Proceso:

  7,2 < pH < 8.5

- Determinación del crecimiento bacteriano máximo

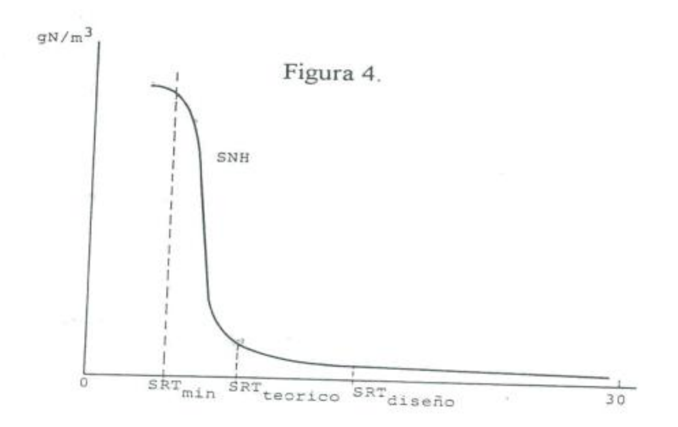
mm nitrosomona = 0,7 d-1

- Determinación del tiempo de retención celular mínimo
- Determinación del tiempo de retención celular de diseño

  STR dis = STR min * FS1,5 < FS < 2,5

- Determinación de la producción de lodo

  < 5% de Fangos totales



4.1 Eliminación de Nitrógeno (Nitratos) en el efluente

a) Capacidad de Nitrificación:

CN = NTKINF – NH4ef – NTK org sol ef – NTKdec – NTKSS e - NBIO

CN = Capacidad de Nitrificación

NTKINF = NTK del influente

NH4ef = Nitrógeno amoniacal en efluente

N TKorg sol ef = Nitrógeno orgánico refracterio efluente (Biodegradable y no Biodegradable.) (4% NTKINF)

NTKdec = Nitrógeno insoluble decantable (10% NTK el)

NTKSS= Nitrógeno asociado a los sólidos en suspensión del efluente (6% SSef.).

NTK bio = consumido por la biológia del proceso (4% DBO5 elim)

b) NTK de Salida:

NTKs = NTK inf – NTKox – NTKbio – NTKdec

c) Determinación de Oxigeno necesario:

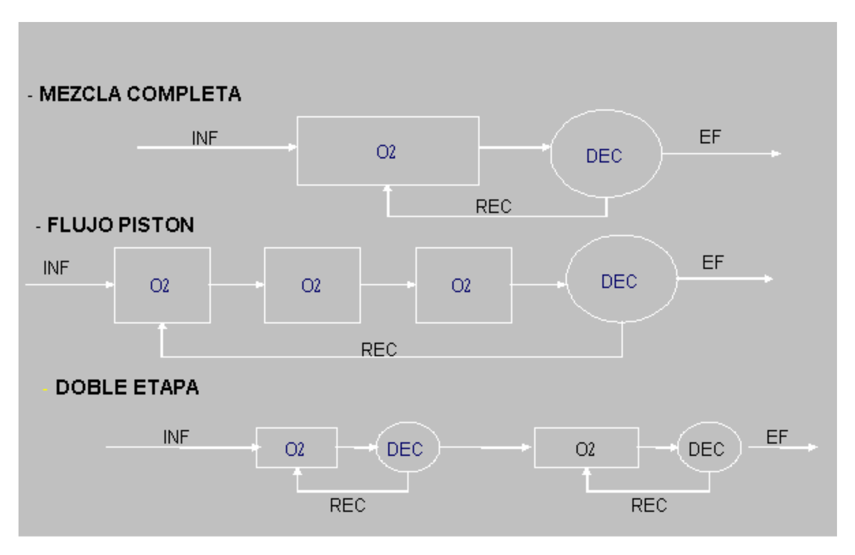
NOT (mg O2/l)= NOB + NON

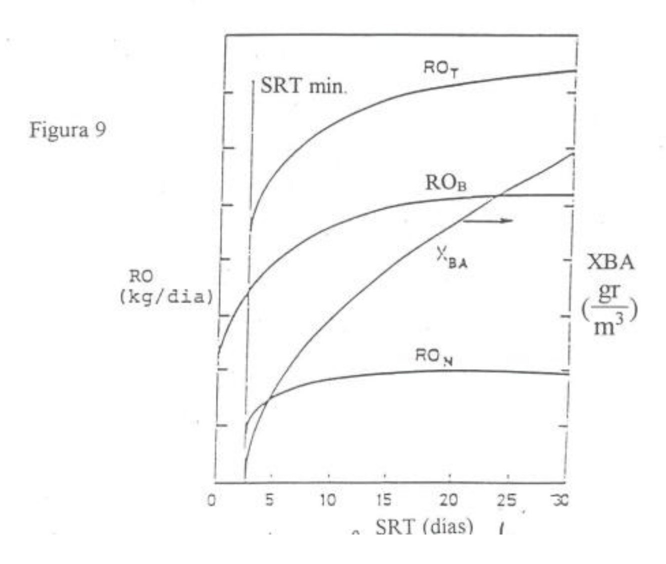
NON = 4,57 * C

d) Determinación de alcalinidad necesaria

Nalc (mg CO3Ca / l) = 7,14 * CN + 100

4.2 Procesos de cultivos en suspensión

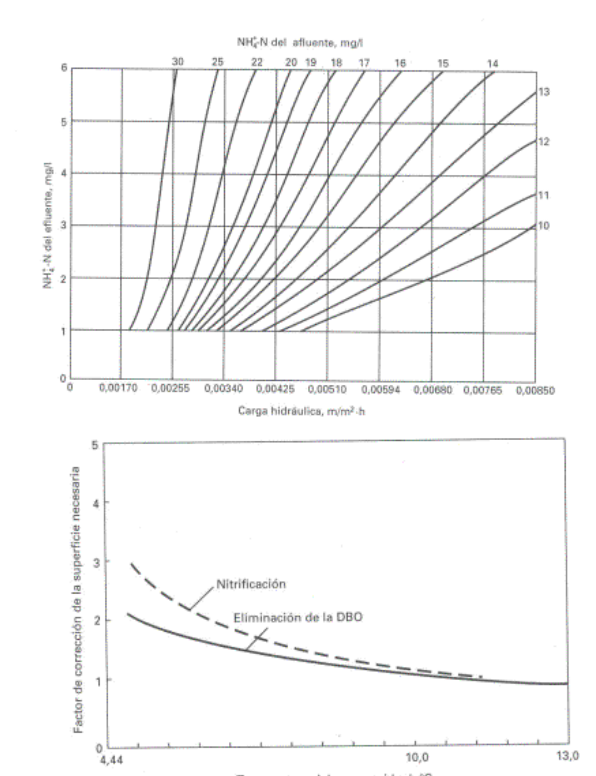




5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO: CULTIVOS FIJOS

Lechos Bacterianos

Proceso	Porcentaje de Nitrificación	Carga Kg DBO5/m3d
Filtro percolador, medio de piedras	75-8585-95	0,16 – 0,0960,096 – 0,048
Filtro medio plástico	75-85 85-95	0,288 – 0,1920,192 – 0,096



5.1 Desnitrificación

Ventajas de la nitrificación – desnitrificación:

- Recuperación de parte de la alcalinidad consumida en nitrificación
- Recuperación de parte del Oxigeno consumido por nitrificación
- Reducción de la desnitrificación incontrolada en decantadores
- Mejoras de la sedimentabilidad de los fangos

- Favorece la eliminación de fósforo

5.2 Reacciones para desnitrificación

6 NO3- + 2CH3OH à 6NO2- + 2CO2 + 4H2O

6 NO2- + 3CH3OH à 3N2 + 3CO2 + 3H2O + 6 OH-

5.3 Bacterias heterótrofas

6 NO3- + 5CH3OH à 3N2 + 5CO2 + 7H2O + 6 OH-

Aporte de Oxigeno: 2,86 gr O2/ gr N-NO3 reducido

Aporte de Alcalinidad: 3,57 gr CO3Ca/g N-NO3 reducido

Consumo de Materia Orgánica: 4,6 gr DBO5/gr N-NO3 reducido

5.4 Bacterias desnitrificantes

- Organismos heterótrofos
- Organismos facultativos
- Baja producción de materia celular
- Cinética de crecimiento tipo MONOD

Heterotrofas	!Intervalo	Valor Típico
mm (d-1)	0,3 – 0,9	0,3
Ks (NO3 mg l)	0,06 – 0,2	0,1

5.5 Factores que afectan a la desnitrificación

- Temperatura

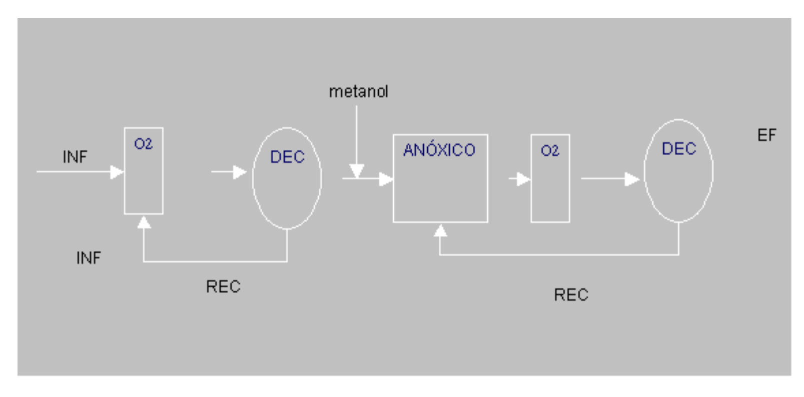
  KT = K20ºC * O (T-20)

  O Organismos autótrofos = 1,1

  O Organismos heterótrofos = 1,07

- pH: Óptimo 7,5
- Oxígeno disuelto : ausencia
- Concentración de Nitrato
- Relación DBO5/NTK
- Tóxicos inhibidores

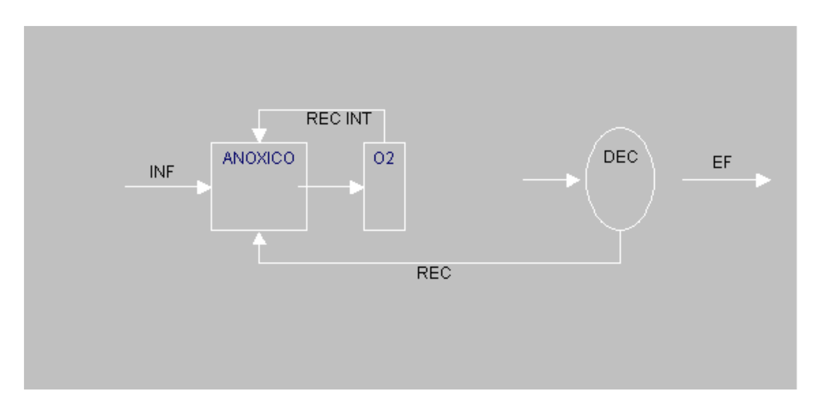
Proceso en etapas separadas:



- Nitrógeno de salida < 2 mg/l

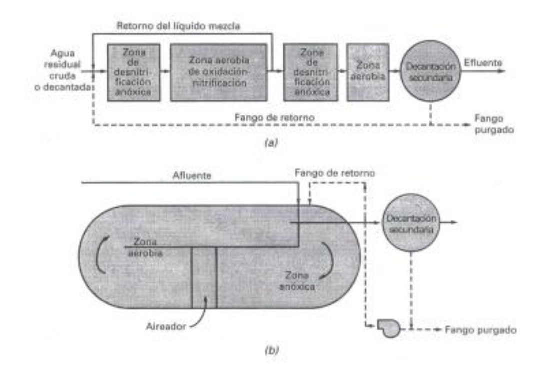
- Grandes necesidades de Volumen
- Altos consumos de Oxigeno
- Consumo de metanol
- Necesidad de Alcalinidad
- Problema de desnitrificación endógena.

Proceso desnitrificación-nitrificación:



- Nitrógeno de salida en torno a 15 mg/l
- Reducción del volumen necesario
- Reducción del consumo de Oxigeno
- No consumo de metanol
- Reducción del consumo de alcalinidad
- Mejor decantibilidad de los fangos.

CANALES DE OXIDACIÓN



Determinación de N-NH4 en el efluente :

- Se determina el STR para el reactor aerobio

Determinación de Nitratos en el efluente

- N-NO3 EF = CN – N DESNITRIFICADO
- Potencial de Desnitrificación (DP = DP1 + DP2 + DP3)
  1. Según la disponibilidad de SDBO5
     - DP1 = SDBO5 / 4,60
  2. Según la configuración del sistema (DP2)
     - Fracción anóxica
     - Edad del Lodo
     - Biodegradabilidad de la DBO5
     - Parámetros cinéticos
  3. Según recirculación Interna (DP3)

Determinación de Nitrógeno a Desnitrificar (NO3 a nitrif. = NTKoxi – NO3ef)

- Determinación de la fracción anóxica y tiempo de retención celular necesarios para que DP = NO3 a nitrif.

Determinación de la recirculación interna óptima

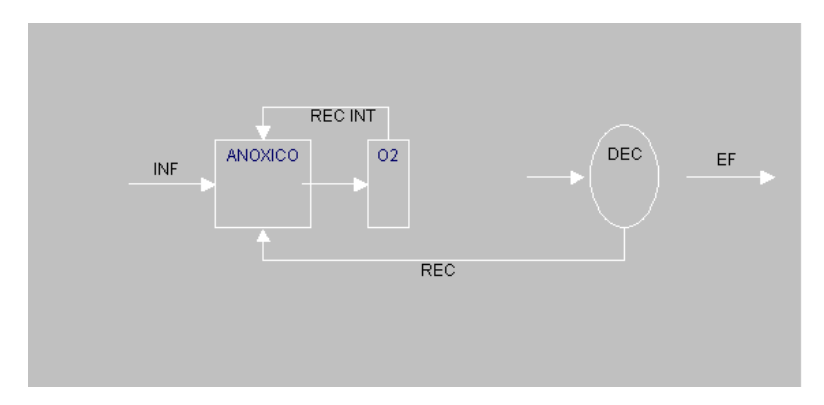
Determinación de necesidades de oxigeno

ROT = ROB + 4,57 * CN – 2,86 * DP

Determinación de las necesidades de alcalinidad

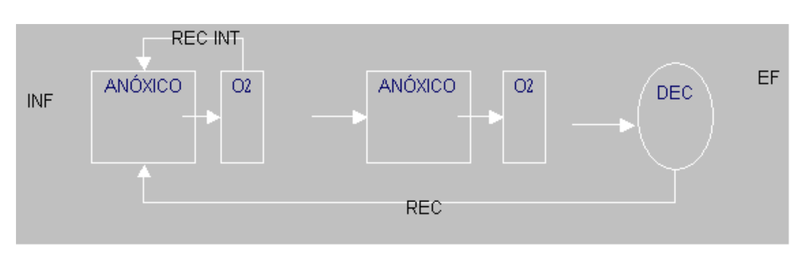
Ralc = 7,14 * CN + 100 – 3,57 * DP

Proceso desnitrificación-nitrificación



Adecuado para relaciones normales y bajas de DBO5/NTK

Proceso bardenpho de 4 etapas.



- Ventaja : Menor gasto de reactivos
- Desventaja : Proceso difícil de controlar

6. FORMAS DEL FÓSFORO EN AR

- ORTOFOSFATOS: 15 – 35 %
- POLIFOSFATOS : 65 – 85 %
- FÓSFORO DECANTABLE: 5 – 15 %
- FÓSFORO SOLUBLE : 95 – 85%

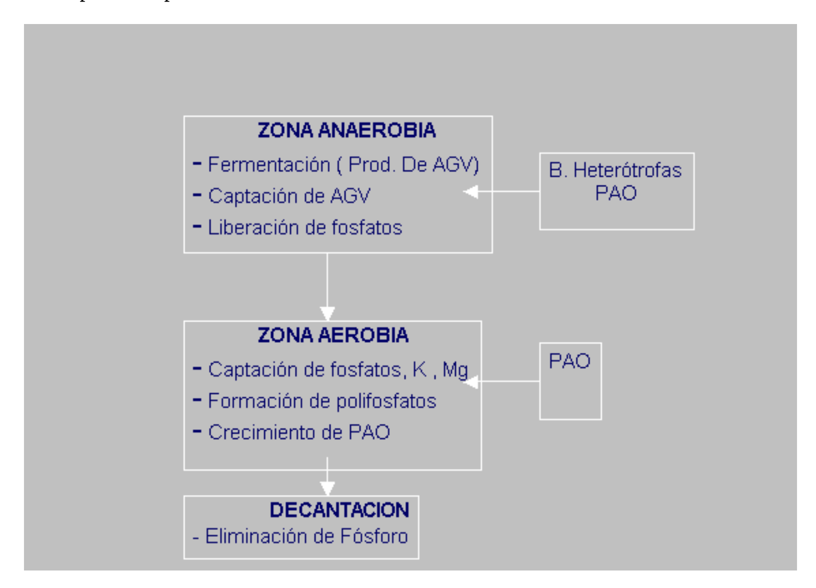
	FUERTE	**MEDIA**	**DÉBIL**
FOSFORO TOTAL	13 mgP/l	8 mgP/l	4 mgP/l
P-PO4	10 mgP/l	6 mgP/l	3 mgP/l
P- orgánico	3 mgP/l	2 mgP/l	1 mgP/l

6.1 Efecto de diversas operaciones y procesos de tratamiento sobre la eliminación de fósforo

Operación o Procesos de Tratamiento	Eliminación de fósforo (%)
Tratamiento Convencional	
Primario	10-20
Fangos Activados	10-25
Filtros Bacterianos	8-12
CBR´s	8-12
Eliminación biológica de fósforo (proceso independiente)	70-90
Eliminación química	70-90
Eliminación física	

Filtración	20-50
Osmosis inversa	90-100
Adsorción sobre carbono	10-30

Descripción del proceso



6.2 Factores que afectan a la defosfatación

- Temperatura

  KT = K20ºC * O (T-20)

  O PAO = 1,04

  O heterótrofos = 1,07

- pH: Óptimo 7 - 8
- Oxígeno disuelto : 2 mg/l en zona óxica
- Concentración de Nitrato y oxigeno en zona anaerobia

  1 gr de NO3 consume 4,16 gr de DBO5r

  1 gr de O2 consume 1,6 gr de DBO5r

- Relación DBO5/NTK

  Para eliminar 1 gr de fósforo se necesitan 7 – 9 gr DBO5r

6.3 Consideraciones de diseño: Eliminación de P

Determinar la concentración de fósforo efluente

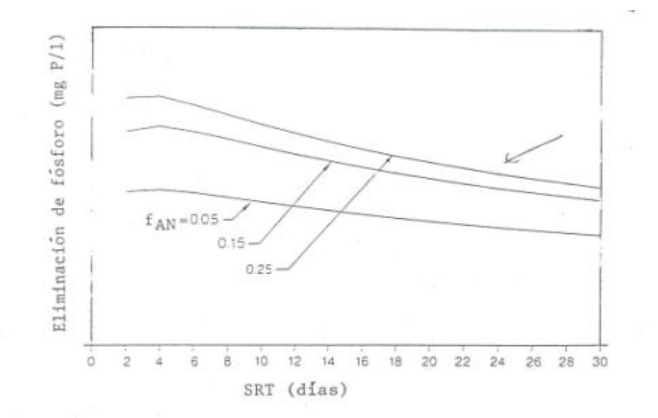
- Pef = Pin – Peliminado
- Pef = P-PO4 + PSSe
- PSSe = 5% Sse

Determinar tiempo de retención celular y fracción anaerobia

- Fijación del tiempo de retención celular en cámara anaerobia en 1-2 h.
- Fijación de la fracción anaerobia según DQO del agua bruta

DQO en agua bruta.	Fracción zona anaerobia (FAN)
< 400	0,20 – 0,25

400 – 700	0,15 – 0,20
> 700	0,10 – 0,15



Fracción anaerobia

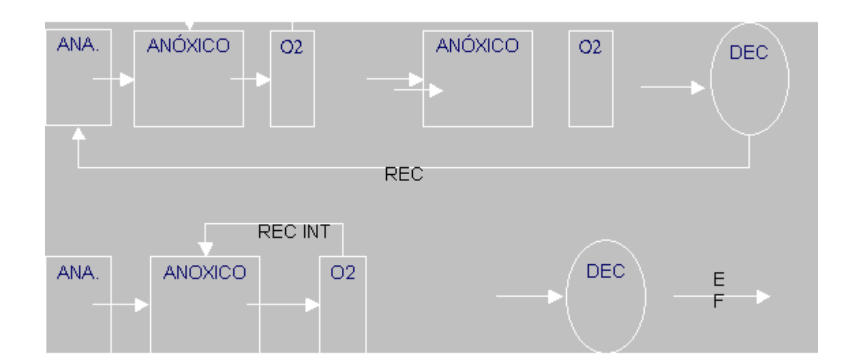
Fracción anóxica

Recirculación interna

Relación de DBO5 / NTK

Tiempo de retención celular total (Para Nitrificación, desnitrificación y eliminación de Fósforo)

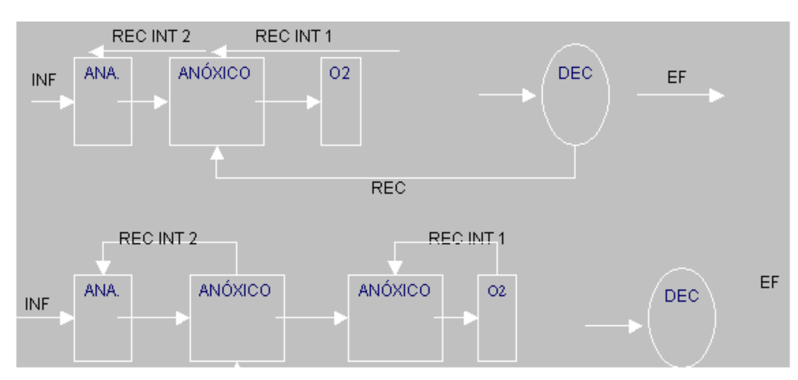
- Difícil conseguir Bajas concentraciones de Fósforo (< 2 mg/l)



7. PROCESOS DE FANGOS ACTIVOS CON ELIMINACIÓN DE N Y P

PROCESO BARDENPHO de 5 y 3 etapas.

Procesos UCT



Aconsejable para relaciones DBO5 / Fósforo total no muy altas

Fangos producidos:

Problema: Redisolución del fósforo si pasan por fases anaerobias

Soluciones:

- Espesado por flotación
- Reducción de almacenamiento de fangos frescos
- Adición de cal o sales metálicas en caso de almacenamiento
- Digestión anaerobia sin reboses
- Utilización agrícola en estado liquido

Línea de fangos

Introducción

En el tratamiento de aguas residuales, cuyo objetivo principal es eliminar la contaminación antes de su vertido al cauce receptor, se generan una serie de subproductos denominados fangos, donde se concentra la contaminación eliminada, y cuyo tratamiento y evacuación puede ser problemática.

Las dos fuentes principales de producción de fangos son el tratamiento primario y secundario. Los sólidos sedimentados retirados del fondo de los decantadores primarios y secundarios son, en realidad, una mezcla acuosa de color y olor característicos llamada fango fresco.

Los fangos producidos en el tratamiento primario y secundario de la línea de agua de una EDAR presentan las siguientes características:

- Tienen una gran cantidad de agua (95-99%), por lo que ocupan un volumen importante y son de difícil manipulación.
- Tienen gran cantidad de materia orgánica, por lo que entran fácilmente en descomposición (putrefacción), produciendo malos olores.
- Poseen una gran cantidad de organismos patógenos, causantes de enfermedades.

Todo ello hace que deban tratarse con sumo cuidado y en su tratamiento deben darse tres fases, encaminadas a reducir al máximo los problemas anteriormente citados:

- Reducción del agua presente en los fangos para evitar el manejo de grandes volúmenes.
- Estabilización de la materia orgánica para evitar problemas de fermentación y putrefacción.
- Conseguir una textura adecuada para que resulten manejables y transportables.

Todo esto se realiza en la llamada **línea de fango** de una E.D.A.R. (Estación Depuradora de Aguas Residuales)

Origen y características de los fangos

La cantidad y las propiedades del fango a tratar en una planta depuradora va a depender de las características de las aguas residuales (A.R.) de procedencia, así como del tratamiento a que sean sometidas.

El origen y principales características de los fangos son:

a) Fangos primarios:

Se originan en la decantación primaria.

Estos fangos no han sufrido un tratamiento biológico, no se han descompuesto, por lo que son altamente inestables y putrescibles. Al cabo de cierto tiempo producen mal olor.

Se considera en ellos un contenido de Sólidos en Suspensión (SS) de 90 gr/hab/d, de los cuales un 60% es decir, 54 gr/hab/d se consideran sedimentables.

Su color es normalmente gris, con altos contenidos de sólidos fecales y otros tipos de desechos.

Liberan fácilmente su agua de constitución y se espesan bien. Su contenido en humedad varía entre el 95-99%.

b) Fangos biológicos

Se denominan comúnmente fangos en exceso y proceden del proceso de fangos activados.

Su materia orgánica está parcialmente descompuesta.

Color marrón oscuro.

Tienen un olor a tierra húmeda no desagradable, pero en su descomposición posterior se hacen sépticos y producen olores desagradables.

Su contenido en humedad varía entre el 98-99.5% y son difíciles de concentrar.

Pueden espesarse directamente o enviarse a la decantación primaria, donde decantan conjuntamente con los fangos primarios, dando lugar a los Fangos Mixtos.

c) Fangos digeridos aeróbicamente:

Son fangos de color marrón oscuro.

Tienen apariencia floculenta.

Olor poco desagradable.

d) Fangos de precipitación química:

Su velocidad de descomposición es algo menor que la de los primarios.

Color oscuro, algo rojizo si contienen mucho hierro.

El olor puede ser desagradable, aunque no tanto como el de los fangos primarios.

Espesamiento

Los fangos producidos en el tratamiento del agua poseen más del 95% de agua, por lo que ocupan volúmenes importantes, siendo por su naturaleza putrescibles. Ello hace necesario un tratamiento para modificar sus características y permitir unas condiciones tales que su evacuación y disposición final sean óptimas desde el punto de vista sanitario, medioambiental y de su manejo.

La etapa de espesamiento incluye para reducir el volumen de los fangos mediante concentración o eliminación parcial de agua, los fangos activados que normalmente se bombean desde los tanques de decantación secundaria con un contenido de sólidos del 0.8% pueden espesarse hasta un contenido del 4% de sólidos, consiguiéndose de esta manera una reducción del volumen del fango a una quinta parte del volumen inicial. Con ello se obtienen una serie de ventajas:

- Reducción del volumen de los tanques posteriores al espesamiento, así como su equipamiento.
- Reducción de la cantidad de calor requerida para el calentamiento de los fangos en procesos tales como digestión anaerobia, secado térmico e incineración.
- Reducción y mejora de los rendimientos de los equipos de deshidratación.

Dos son los tipos más frecuentes de espesamientos:

- Espesamiento por gravedad
- Espesamiento por flotación

Además, existe el espesamiento por centrifugación, alternativa válida para cualquier tipo de fango, aunque está más indicada para concentrar fangos muy hidrófilos (que difícilmente liberan el agua que contienen), de difícil compactación.

El tipo de espesamiento a aplicar y su compactación dentro de la línea de fango, depende de la procedencia del fango a espesar y del tipo de tratamiento a efectuar:

a) El espesamiento por gravedad se utiliza para los fangos primarios y los mixtos, así como para los procedentes de una precipitación química, localizándose antes del proceso de la digestión anaerobia. En el caso de que la línea de tratamiento de los fangos incluya una estabilización aerobia de los mismos, el espesador se sitúa, generalmente, posterior a la misma ya que este proceso requiere para su buen funcionamiento concentraciones no muy elevadas, no superiores al 2-2.5%.

b) La flotación está indicada para concentrar los fangos biológicos procedentes del decantador secundario, también llamados fangos en exceso.

c) La centrifugación tiene una aplicación limitada como sistema de espesado en una depuradora.

3.1. Descripción del espesador por gravedad

Su diseño es similar a un decantador.

Generalmente son circulares. La alimentación se realiza por tubería a una campana central, que sirve como reparto y de zona tranquilizadora, con una altura tal que no influya en la zona inferior de compactación. El fondo debe tener una pendiente mínima del 10%.

El conjunto va equipado con un mecanismo giratorio provisto de unas **rasquetas de fondo** para el barrido de los fangos y su conducción a una poceta central desde donde se extraen, y de **unas piquetas verticales** cuya finalidad es la homogeneización de la masa así como la creación de canales preferenciales que faciliten la evacuación del agua intersticial y de los gases ocluidos generados por fenómenos de fermentación. El líquido sobrenadante se recoge por un vertedero perimetral y es enviado a cabecera de la planta.

El mecanismo giratorio suele ser de accionamiento central, con doble brazo diametral. Este tipo de accionamiento es conveniente para obtener el par necesario para asegurar el movimiento del sistema.

Normalmente se instala un limitador de par para evitar sobretensiones en el motorreductor.

Es aconsejable instalar un sistema automático de elevación de las rasquetas, para arrancar el espesador, sobre todo después de paradas prolongadas, ya que los sedimentos más espesados están en el fondo, aprisionando las rasquetas y haciendo difícil su puesta en funcionamiento, sin que actúe el limitador de par. Una vez que el mecanismo ha alcanzado su velocidad nominal se procede a introducir automáticamente las rasquetas.

El par motor del sistema de arrastre viene dado por:

- Par torsor con arrastre central = c · r2/2
- Par torsor con arrastre periférico = c · r2

Siendo

r = radio del espesador

c = constante variable según la Naturaleza del fango:

- Fangos Primarios c = 45 Kg/m
- Fangos Mixtos c = 40 Kg/m
- Fangos Biológicos c = 30 Kg/m

La extracción de los fangos desde la poceta central puede realizarse por gravedad mediante válvulas o bien por aspiración directa mediante bombas. El sistema de extracción debe tener la posibilidad de hacerse de forma temporizada, así como que la toma pueda realizarse a distintos niveles.

Para evitar posibles olores a menudo se procede a recubrir el espesador mediante una cubierta estanca. Esta puede ser fija, mediante obra de fábrica o bien desmontable, más aconsejable ya que facilita el mantenimiento.

3.2. Espesamiento por flotación

Los fangos en exceso se espesan mediante el sistema de flotación debido al bajo peso específico de los flóculos, y su débil capacidad para sedimentar y compactarse.

En un estudio realizado recientemente, se ha comprobado que el grado de espesamiento conseguido dependía de la concentración inicial del fango. Concentraciones finales mayores se conseguían con fangos más diluidos. Además, parece que la capacidad de espesamiento del fango activado en exceso varía con el tiempo medio de retención celular con el que funciona la planta.

Hay cuatro variantes básicas de la operación de espesado: flotación por aire disuelto, flotación al vacío, flotación por dispersión de aire y flotación biológica.

Sin embargo, sólo la flotación por aire disuelto tiene utilización generalizada para el espesamiento de fangos.

La mayor o menor facilidad para que se produzca la flotación es función de los siguientes factores:

Afinidad del aire a la partícula. Es necesario que la adhesión de las partículas a las burbujas sea mayor que la tendencia que aquellas tienen a establecer contacto con el agua. Por lo tanto, las partículas hidraulicaófilas tendrán menos afinidad a las burbujas que las hidraulicaófobas.

Densidad de la partícula. La flotación es más fácil en partículas con densidad muy próxima a la del agua. Cuanto mayor sea la densidad, mayor será la cantidad de aire que debe adherirse a ella para provocar la flotación.

Diámetro de la partícula. Cuanto mayor sea, es necesario más aire adherido a la partícula.

Por otra parte, el tamaño de la burbuja de aire afecta de modo importante a la eficacia de la flotación, por diversos motivos:

El rendimiento de la adherencia de las burbujas a las partículas es función del tiempo que dichas burbujas se mantienen en la suspensión y la oportunidad de contactos con dichas partículas. Por lo tanto, cuanto menor sea el diámetro de las partículas, menor será la velocidad ascencional de las mismas y mayor tiempo de retención tendrán.

Cuanto mayor es el **tamaño de la burbuja**, mayor será la necesidad del caudal de aire a introducir para conseguir una buena equiparación en el tanque de flotación.

El tamaño de las burbujas influye también en la turbulencia en el tanque, produciendo mayor turbulencia a mayor tamaño, reduciendo la eficiencia de la flotación.

El sistema más utilizado en el proceso de flotación de fangos es el de la **presurización**. La producción de aire en este sistema consiste en disolver aire en un líquido bajo una presión de varias atmósferas y, a continuación, liberarlo hasta presión atmosférica, con lo que el aire disuelto forma microburbujas que se adhieren a las partículas sólidas. La presurización puede producirse de dos formas:

Presurización directa total o parcial: se presuriza todo o parte del caudal de fangos.

Presurización indirecta: se presuriza agua clarificada, ya sea del propio efluente del espesador o del agua clarificada en el decantador secundario.

La presurización directa es menos aconsejable que la indirecta debido a los riesgos de obstrucción de los equipos de presurización. Es empleado normalmente en pequeñas instalaciones.

3.2.1 Equipos fundamentales

Los equipos fundamentales de que consta una flotación por aire disuelto mediante presurización son:

Bomba de presurización. Las bombas deben tener como característica principal, la de uniformidad de presión dentro de un rango amplio de caudales.

Depósito de presurización. Consta de un balón o depósito a presión donde se produce la disolución del aire comprimido y del agua o fango a presurizar. El sistema de mezcla debe asegurar el contacto de la mayor superficie de fluido con el aire, para conseguir la concentración del aire en el agua lo más próxima posible a la saturación.

Sistema de inyección de aire. Este sistema se regula mediante presostato en un rango apropiado a la presión deseada en el depósito de presurización.

La automatización del sistema de presurización se consigue mediante la instalación de niveles de comando en el balón que actúan sobre válvulas automatizadas que regulan la entrada al recipiente tanto del fluido a presurizar como del aire a disolver.

Válvulas reductoras de presión. El fluido presurizado se introduce en el tanque de flotación y con objeto de formar las microburbujas sin crear turbulencias en el volumen de agua del tanque, es necesario crear una pérdida de carga en la corriente de agua presurizada. Esta rotura de carga se realiza mediante válvulas adecuadas con el objetivo de que la presión del líquido presurizado que se introduce en el flotador sea constante e igual a la presión atmosférica más la presión de la columna de agua existente entre el punto de introducción del líquido en el tanque.

Tanque de flotación. Puede ser rectangular o circular, siendo éste el más utilizado. Un grupo de accionamiento compuesto por un motorreductor actúa sobre unas rasquetas de fondo que empujan los fangos hacia un canal o tolva de recogida de fangos, de longitud aproximadamente igual a la mitad del radio con una rampa de carga que engarza con el sistema de rasquetas superficiales. La profundidad debe ser ligeramente por debajo del nivel en el tanque para asegurar la recogida en la zona superior más concentrada del lecho de fangos.

La alimentación está constituida por una campana de reparto que tiene por objeto lograr un reparto homogéneo y una tranquilización de la mezcla.

La recogida de los fangos de la tolva central se realiza periódicamente. Los fangos espesados y los flotados se mezclan en una cámara provista de agitador para seguir la línea de tratamiento dispuesta.

El líquido clarificado se recoge por rebose en un vertedero perimetral. La toma se debe alejar del fondo de forma que no le afecten los fangos que puedan depositarse. Generalmente se efectúa a través de un tabique deflector en forma de sifón.

Estabilización o digestión

4.1. Estabilización aerobia.

La digestión aerobia de los sólidos se produce, sea o no intencionadamente en cualquiera de los casos de tratamiento secundario convencional. En el proceso de aireación prolongada, la digestión aerobia se continúa casi hasta el máximo límite obtenible de reducción de materia orgánica (volátil).

La aireación prolongada es un proceso biológico en el que se digieren por vía aerobia, es decir, en presencia de oxígeno. El fango en exceso producido se conduce, bien sólo o bien mezclado con los fangos primarios, al proceso de estabilización. El fango biológico tiene una gran cantidad de materia orgánica en forma de células y microorganismos que han estado oxidando la materia orgánica en el tratamiento secundario y que después de éste se encuentra en pequeña proporción. En la estabilización lo que se pretende es continuar la oxidación de la materia orgánica que, en este caso, es celular.

Dentro del metabolismo de los microorganismos podemos distinguir dos fases:

- La fase de **asimilación o síntesis**.
- La fase de **desasimilación o respiración endógena**.

Durante la primera fase los organismos consumen el alimento disponible creando nueva materia celular activa. Es la fase de crecimiento celular. Pero los organismos también necesitan respirar, moverse, y ejercer sus funciones vitales, para lo cual consumen reservas y, por tanto, parte de su propia biomasa. Esto constituye la segunda fase de su metabolismo, en la cual decrece su materia activa.

En el tratamiento secundario se desarrolla principalmente la primera fase y cuando los fangos (que son básicamente células) llegan a la estabilización aerobia se desarrolla fundamentalmente la fase de respiración endógena, para completar así la oxidación total de la materia orgánica que entró en la planta.

4.1.1. Aplicación, ventajas e inconvenientes de la digestión aerobia

La estabilización aerobia se utiliza en procesos biológicos que no tienen tratamiento primario, como es el caso de la aireación prolongada a baja carga. En estos casos, la baja carga y los altos períodos de retención hacen que los fangos biológicos ya estén en parte estabilizados y, por tanto, las necesidades de oxígeno (O2) son menores, reduciéndose los costes de explotación. Además, en baja carga la producción de fangos es menor.

También se utiliza para fangos mixtos, pero en este caso se necesita un aporte de O2 hasta 9 veces mayor que cuando se emplea sólo fango biológico. Esto hace que muchos países no utilicen la estabilización aerobia cuando existen fangos primarios. En cualquier caso, dado el alto coste económico, en España sólo se utiliza en poblaciones de 40-50000 habitantes, aunque en otros países este límite es aún más bajo (hasta 10000 habitantes en Inglaterra).

A continuación se resumen, las características de la digestión aerobia de fangos.

- Altos costes de funcionamiento.
- Produce un fango con alto contenido en agua, más difícil de secar posteriormente.
- Alta producción de fangos estabilizados.
- Tiene límite de carga que se puede tratar.
- Bajos costes de inversión en equipos.
- Produce sobrenadantes que suelen ser fáciles de tratar cuando se recirculan en la instalación.
- Reducción de materia orgánica en similares proporciones, pero con menores tiempos de retención.
- Produce pocos olores.
- Las tareas de control y limpieza presentan baja peligrosidad.

4.1.2. Descripción del proceso

Los tanques de digestión aerobia pueden ser circulares o rectangulares, de 5 a 6 metros de profundidad, sin cubierta o con cubierta (en el caso de climas fríos, para ayudar al mantenimiento de la temperatura). Los tanques van provistos de equipos de aireación de tipo turbina o difusores, para mantener las condiciones aerobias. Cada tanque tiene una turbina de alimentación de fangos a media profundidad y tras un tiempo de retención de aproximadamente 20 días, el fango estabilizado se conduce mediante otra tubería a un espesador. Los fangos espesados pueden o no ser recirculados, siendo lo primero lo más habitual. Esto permite aumentar los rendimientos. El sobrenadante es conducido a cabecera de planta.

4.2. Estabilización anaerobia.

Los fangos provenientes de la etapa de espesamiento de una E.D.A.R. tienen una concentración de sólidos que puede ir desde el 8-10% en los fangos primarios, hasta el 4-7% en fangos mixtos, o el 2-3% en fangos activos. De este contenido total de materia sólida de un fango se puede considerar que aproximadamente un 70% en peso está formado de materia orgánica y un 30% de materia inorgánica o mineral. Sólo la primera puede descomponerse en un proceso de digestión o estabilización.

En un proceso de digestión anaerobia se consigue:

- La reducción del volumen ocupado por los fangos.
- La eliminación o destrucción de gran parte de la materia orgánica que contienen los fangos, disminuyendo así el riesgo de putrefacción y la producción de malos olores.
- La destrucción casi total de gérmenes patógenos.
- La obtención de metano, de gran poder calorífico, que puede ser utilizado como fuente de energía dentro de la planta.

Todo ello hace que el fango resultante sea fácilmente secable y capaz de ser evacuado sin grandes problemas.

4.2.1. Ventajas e Inconvenientes

Con respecto a la digestión aerobia de fangos:

- Menores costes de explotación al no utilizar la aireación como parte del proceso.
- Concentra mejor el fango y mejora su secado posterior.
- Produce gas metano que proporciona energía para otras operaciones.
- Pequeña producción de fangos estabilizados.
- Tiene capacidad para tratar altas cargas hidráulicas y orgánicas.
- Mayores costes de inversión en su construcción.
- Produce líquidos (sobrenadantes) que pueden ser difíciles de tratar cuando se recirculan en la instalación.
- Los fangos necesitan una nueva estabilización antes de su evacuación final.
- Arranque lento y delicado.
- Tiene necesidad de una temperatura minima de 27°C para su buen funcionamiento.

4.2.3. Funcionamiento

En un tanque de digestión anaerobia los sólidos orgánicos procedentes de las aguas residuales se descomponen (el volumen de sólidos totales se reduce, por tanto) en ausencia de oxígeno. Esto es llevado a cabo por la acción de al menos dos grupos diferentes de bacterias que viven juntas en el mismo medio. Estos grupos bacterianos son:

- Las bacterias formadoras de ácidos, que convierten los sólidos complejos en sólidos más simples (llamados ácidos orgánicos), anhídrido carbónico (CO_2) y agua (H_2O), fundamentalmente. El pH óptimo de crecimiento es bajo.
- Las bacterias formadoras de metano, que convierten los ácidos en metano (CH_4), (CO_2) y (H_2O) principalmente. El pH óptimo de crecimiento es próximo a la neutralidad.

En general, se considera que un digestor funciona adecuadamente cuando la reducción de sólidos orgánicos (volátiles) en el fango de salida está entre un 40 y un 60 % del existente en el fango de entrada. Para conseguir esto el mantenedor debe de controlar de tal manera el digestor que las reacciones de formación de ácidos y la reacciones de formación de metano estén en equilibrio. Esto se puede conseguir mediante el control de parámetros tales como:

- El suministro de alimento (sólidos orgánicos) al digestor.
- El mezclado dentro del digestor.
- La temperatura dentro del digestor.
- La relación de ácidos volátiles/alcalinidad dentro del digestor.

La causa más frecuente de desequilibrio es que las bacterias formadoras de metano son organismos anaerobios muy sensibles y de crecimiento más lento, por lo que a veces no siguen el ritmo de las formadoras de ácidos y el digestor se acidifica porque la velocidad de transformación de los ácidos es demasiado baja.

Deshidratación

Después que el fango ha pasado por el proceso de digestión, debe secarse y evacuarse.

El problema que nos planteamos es el de eliminar los fangos digeridos de la manera más práctica y menos costosa posible, aumentando el porcentaje de materia seca lo más posible para reducir su volumen al máximo. Con los métodos que se emplean se consiguen fangos deshidratados con un 20-40% en peso de materia seca.

El sistema de deshidratación empleado dependerá de las características de la E.D.A.R., del tipo de fango y del destino final de los mismos.

Las estaciones depuradoras pequeñas suelen tener eras de secado, mientras que las mayores utilizan sistemas mecánicos de secado.

5.1. Eras de secado de fango.

Los lechos o eras de secado están constituidos por una capa de material drenante, dividida en compartimentos y sobre la que se vierte el fango en espesadores de 20-30 cm como máximo. La capa de material drenante debe estar constituida por una capa de arena de unos 10 cm de espesor, dispuesta sobre una capa soporte de grava de 20 cm.

La superficie total de las eras se divide en unidades menores de tal forma que se llene cada una de ellas con la normal extracción de fangos digeridos correspondientes a dos días.

El fango a secar puede ser llevado a las eras a través de canales abiertos o a través de tuberías. En el primer caso, se emplean compuertas de tajadera a la entrada a cada lecho de secado, y en el segundo, el aislamiento deberá hacerse con válvulas.

El sistema de drenaje subterráneo bajo la capa de soporte debe cuidarse al máximo. El número de tuberías y la pendiente de las mismas deben permitir un drenaje homogéneo de toda la masa de fango, y conducir toda el agua drenada a una arqueta de drenaje general, donde se bombeará a cabecera de instalación.

El secado de los fangos en las eras se logra mediante drenaje (filtración) y evaporación:

- En una primera fase, el agua abandona el fango por **filtración** a través de la arena, favoreciendo el desprendimiento de los gases ocluidos y disueltos, que tienden a hacer flotar los sólidos. Esta fase puede durar las 12-18 primeras horas, en el caso de fangos urbanos. En ella se obtiene una suspensión fangosa de hasta el 20% de sequedad.
- La segunda fase de evaporación es más lenta, y produce una disminución de la capa de fangos, agrietando la superficie y favoreciendo la evaporación de las capas inferiores, al ser las grietas cada vez más profundas. Al final de esta fase el fango tendrá una consistencia tal que le permitirá ser paleable. La sequedad obtenida podrá llegar a ser de hasta un 40%.

La extracción del fango es normalmente manual, vertiendo el fango en carretillas o cintas transportadoras, que lo conducen fuera de las eras para ser almacenados o cargados sobre camión. Con la retirada del fango también se elimina algo de arena de la capa drenante al quedar adherida a la torta lo que obligará, cada cierto tiempo, a reponer la arena.

5.1.2. Funcionamiento.

Antes de extender el fango, hay que aflojar la capa de arena apelmazada con una horquilla de fangos con púas de 20 a 30 cm de longitud, que se introducen en la arena y se remueven hacia delante y hacia atrás varias veces, teniendo cuidado de no mezclar las capas de arena y grava. Después de haber realizado esta operación por toda la superficie de la era, hay que rastrillarla con rastrillo de jardín para deshacer los terrones de arena. Después se iguala la arena de la era con el mismo rastrillo o arrastrando una tabla con cuerdas para alisar la superficie.

A continuación, ya se puede verte el fango extraído del fondo del digestor primario o secundario (digestión anaerobia de fangos) o del espesador (estabilización aerobia de fangos). En el primer caso, el fango ha de extraerse lentamente para no crear vacío dentro del digestor. Esto requiere comprobaciones frecuentes, para asegurarse de que el fango no se espesa y deja de fluir por completo.

La profundidad de la capa de fango extendida sobre la era es, normalmente, de unos 30 cm, pero puede llegarse a los 45 cm durante las épocas muy calurosas.

En las proximidades de la extracción de fangos para secado debe prohibirse fumar o encender fuego. El fango aún contiene algo de gas metano, como lo ponen de manifiesto las burbujas que aparecen en la superficie del fango en una era fresca. Ha habido casos de explosiones e incendios causados por una cerilla encendida o un cigarrillo arrojados a una era de secado de fangos.

Después de haber llenado una era de secado, debe limpiarse con agua a chorro la tubería de extracción de fangos, para desprender los sólidos que hayan podido adherirse a las paredes de la misma, y también conviene que un extremo quede abierto, para que se escape el gas que se forma.

Cuando las grietas llegan a la arena, ya puede retirarse el fango manualmente por medio de horcas.

El único gran inconveniente de las eras de arena es que no se pueden usar equipos pesados, porque el peso podría estropear el sistema de drenaje subterráneo. Otros inconvenientes son que la acción de rastrillado puede mezclar la arena con la grava y que en la retirada de fango seco se recoge parte de la arena, lo que obliga a reponerla cada cierto tiempo. Pueden colocarse pequeñas tablas sobre la arena para carretillas, y depositar la torta de fangos en ellas para trasladarla al lugar de evacuación. La torta de fango seco tiene normalmente un espesor de 7 a 15 cm y no es pesada a no ser que vaya con el fango una gran cantidad de material inorgánico sedimentable.

Si una era se llena accidentalmente con fango "verde" (parcialmente digerido), requerirá una especial atención. El agua no drenará con rapidez, se producirán malos olores y la retención del agua proporcionará un excelente terreno de cría para insectos molestos (moscas, mosquitos, gusanos, etc.). Será beneficioso entonces, la adición de cal seca extendida sobre la era con una pala, y la pulverización con algún pesticida. En este caso, no deberá utilizarse el fango como fertilizante.

5.2. Secado mecánico.

En las depuradoras en las que se producen grandes volúmenes de fango y no se pueden utilizar eras de secado, se puede llevar a cabo el secado mecánico mediante:

- Filtros de vacío.
- Centrífugas.
- Filtros banda.
- Filtros prensa.

En general, en el caso de la deshidratación mecánica, los fangos deben ser previamente acondicionados, bien química bien térmicamente.

5.2.1. Acondicionamiento de los fangos.

El acondicionamiento se realiza para facilitar la pérdida de agua de los fangos durante el secado mecánico, haciéndolo más rápido, eficaz, y rentable económicamente. Consiste, básicamente, en romper la estabilidad de las partículas que están en el fango, aumentando su tamaño artificialmente.

Un acondicionamiento adecuado del fango es la base para un correcto funcionamiento del sistema de deshidratación.

Acondicionamiento químico

Los reactivos que se emplean pueden ser de origen mineral u orgánico. Normalmente, los reactivos minerales se adaptan mejor a una deshidratación por filtros de vacío y filtros prensa, y los reactivos orgánicos a la centrífuga y filtro banda.

La cal (CaO) y el cloruro férrico ($FeCl_3$) son los reactivos minerales más empleados y conducen a la formación de un flóculo (aglomerado) relativamente fino y estable. También se suelen emplear sales ferrosas y varias sales de aluminio. Cuando se emplea cal y cloruro férrico, los porcentajes son, normalmente, del 30% y del 3-12%, respectivamente, con relación con las materias secas del fango.

Para conseguir una buena floculación (aglomeración) del fango, es necesario garantizar unos tiempos de maduración de 15-30 minutos. Este tiempo se consume en la cámara de mezcla y el resto en la arqueta del filtro a vacío o en el depósito que precede al filtro prensa.

Los polielectrolitos orgánicos pueden ser aniónicos o catiónicos. Los primeros son eficaces para el acondicionamiento de fangos fuertemente minerales (materia volátil/materia seca = 30-35%). Los segundos, para los fangos con elevado contenido de materia orgánica (materia volátil/materia seca = 50-75%) y para los mediamente mineralizados (materia volátil/materia seca = 35-45%).

Los polielectrolitos se suministran en forma de polvo o líquido muy viscoso (15-30% de producto activo). Para asegurar un buena mezcla con el fango conviene inyectarlo en forma de solución acuosa muy diluida (0,05-0,1%). Lo que se hace es preparar disoluciones madres al 0,3-1% de producto, que se diluyen instantáneamente y de forma continua antes de su inyección den el fango. Esta inyección es realizada en la tubería de llegada del fango al sistema de deshidratación.

Para los productos en polvo, caso más frecuente, la preparación de la solución madre comprende, en primer lugar, una fase de mojado o dispersión del producto. Esta dispersión debe hacerse con sumo cuidado para evitar la formación de grumos que tarden mucho tiempo en disolverse. Una vez preparada la solución madre, debe dejarse madurar durante una o dos horas.

Acondicionamiento térmico

Consiste en una cocción de los fangos a una temperatura de 160 a 210 ºC.

La sequedad que se consigue en fangos acondicionados térmicamente son, generalmente, superiores a los que se consiguen cuando se emplean reactivos químicos. Además, se consigue una deshidratación del fango.

Los líquidos que se extraen de los fangos cocidos deshidratados están muy contaminados (2000-5000 ppm de DBO_5), lo que obliga a disponer de un depósito amortiguador de almacenamiento para poder inyectarlos a la entrada de la depuración biológica en las horas de menor contaminación.

En algunos casos, será preciso tratar los líquidos con un tratamiento biológico independiente.

El acondicionamiento térmico requiere importantes inversiones de instalación y elevados costes de mantenimiento. Esto hace que sea interesante, sobre todo, en grandes plantas, en las que existan una digestión anaerobia de los fangos. El gas producido en exceso en la digestión sirve para satisfacer gran parte de la demanda energética necesaria, y los digestores se utilizan como depósitos de almacenamiento. Esto permite mantener la cocción con un caudal continuo y estable de fangos.

5.2.2. Filtros de vacío.

Es un sistema mecánico de deshidratación de fangos que hoy en día ha sido desplazado por otros sistemas más sencillos de mantenimiento y de menor coste energético.

Consiste fundamentalmente en un cilindro rotatorio, sobre el que descansa el medio filtrante. El cilindro va sumergido parcialmente en un tanque en el que se encuentra el fango a deshidratar que ha sido acondicionado previamente. El tambor gira a una velocidad del orden de 10-30 revoluciones por hora. Las diversas celdas en que se encuentra dividida su superficie exterior, van recubiertas por una tela filtrante constituida, normalmente, por fibras sintéticas.

El vacío aplicado al filtro varía entre 300-600 mm de Hg y viene creado por una bomba completamente exterior. El vacío llega a las celdas a través de un cabezal de control o válvula automática y las tuberías de filtrado consiguientes. Este vacío provoca la absorción del líquido a través de la tela filtrante, en tanto que los sólidos en suspensión se depositan sobre ella en una capa uniforme. A medida que el tambor avanza, las celdas van pasando por unas fases de filtración, secado, descarga de la torta y lavado de la tela.

Gracias al cabezal de control, se produce una presión diferencial entre los diversos sectores, dependiendo en cada uno de ellos de la fase en que se encuentren. El líquido filtrado circula por los tubos de filtrado hacia la válvula automática y de ésta pasa a un separador de filtrado auxiliar, de donde por medio de una bomba se reenvía normalmente a cabecera del tratamiento de agua.

La tela filtrante requiere un lavado a alta presión después de 12 ó 24 horas de servicio y, en algunos casos, un baño de ácido después de 1000 ó 5000 horas de funcionamiento. Su duración varía de 200 a 20000 horas.

5.2.3. Centrífugas.

Consiste esencialmente en un tambor cilíndrico-cónico que gira sobre un eje horizontal a gran velocidad. El fango a deshidratar se introduce en la cuba a través de la conexión de entrada por medio de la alimentación. En el interior del tambor, debido a la fuerza centrífuga producida por el giro de éste, la parte más pesada de la mezcla se deposita en el interior, donde es arrastrada a la salida de los sólidos por un tornillo helicoidal que gira a distinta velocidad que el tambor.

La parte cilíndrica del tambor está destinada a la sedimentación de las partículas sólidas, mientras que la parte cónica produce un escurrido progresivo de las mismas, hasta llegar a la salida exenta de líquido libre. El agua, al tener un peso específico distinto al de los sólidos, ocupa dentro del tambor una zona distinta, formando un anillo interior al formado por los sólidos.

El líquido que sale de la centrífuga se devuelve a los decantadores primarios, y la torta de fango pasa a un pozo de recogida o a una cinta transportadora para su evacuación.

El recorrido de las fases sólidas y líquida entre el tambor y el cuerpo de tornillo se realiza en contra-corriente (la parte cilíndrica, el sólido y el líquido circulan en sentido en la parte cilíndrica).

Una gran parte de arenas en el fango aumenta la velocidad de desgaste de la centrífuga.

El caudal de alimentación, la profundidad del depósito del fango, la velocidad de giro de la centrífuga y otros factores determinan el estado de la torta descargada y la calidad del líquido centrifugado.

5.2.4. Filtros banda.

Este sistema está basado en la buena drenalidad del fango previamente acondicionado con poliectrolito. El fango floculado tiene una gran capacidad de escurrir muy rápidamente por simple drenaje, cuando se coloca sobre un tamiz o tela de abertura de malla relativamente grande.

Un filtro banda es un sistema mecánico de deshidratación que permite al fango floculado un drenaje libre y un posterior prensado progresivo.

El fango floculado tiene una estructura relativamente frágil y, por ello, la suspensión debe ser manipulada con sumo cuidado para evitar la formación de finos por ruptura de los mismos, lo que obstaculizaría el drenaje por atascamiento de la banda o conduciría a pérdidas de sólidos que pasarían a través de la tela.

La fase de drenaje tiene una importancia esencial, ya que permite conferir al fango una cohesión o resistencia suficiente para la fase siguiente de expulsión del agua por prensado progresivo.

En esta primera fase, el fango se vierte sobre una banda portadora, durante su recorrido deja salir parte del contenido inicial del agua. De esta forma llega a una zona de cuña formada por la banda portadora y una segunda banda donde, bajo una presión ascendente, los fangos se deshidratan hasta obtener una consistencia adecuada para su posterior tratamiento en las siguientes zonas de filtración.

Durante la fase de prensado, las bandas filtrantes con la torta situada entre ellas, son guiadas a través de unos tornillos de prensado que simultáneamente producen un efecto de cizalladura, consiguiéndose la deshidratación de la torta hasta su mayor contenido en materia seca. La presión ejercida entre las bandas depende del tensado de las mismas que se fija en la puesta en marcha, mediante un dispositivo adecuado, y tampoco debe ser variado posteriormente.

Una vez que la torta de fangos ha pasado la zona de cizalladura, es descargada de la banda filtrante por medio de rasquetas.

La velocidad de avance imprimida a las bandas depende de la drenabilidad de la suspensión floculada para una zona de drenaje dada. Por tanto el mejor ajuste de la máquina debe encontrarse por medio de ensayos.

La presión de deshidratación se consigue principalmente por la presión de las telas de filtración, que se obtiene mediante cilindros neumáticos o hidráulicos que actúan sobre unos rodillos móviles.

5.2.5. Filtros prensa.

En algunos casos es necesario obtener una sequedad del fango deshidratado superior a la que es posible conseguir con los sistemas anteriormente descritos. Es el caso de los fangos que son incinerados o en los que el transporte de la torta resulta a un precio tan elevado que es importante una reducción máxima de su peso y volumen.

El filtro prensa es el único sistema que garantiza unas presiones efectivas muy elevadas, con las que se consiguen sequedades de torta máximas.

Un filtro prensa está constituido esencialmente por un conjunto de placas acalanadas, recubiertas de una tela filtrante, que en su posición vertical, se yuxtaponen y apoyan fuertemente unas contra otras por tornillos hidráulicos que están dispuestos en uno de los extremos de la batería.

El fango se bombea al filtro a través de unos orificios de comunicación, que se encuentran situados en el centro de cada placa, pasando a ocupar el espacio existente entre cada dos de ellas. Debido a la progresiva presión ejercida, parte del agua contenida en el fango lo abandona, transpasando la tela filtrante, y yendo a los orificios acanalados de la placa, donde son encauzados a los conductos de evacuación situados en los extremos de las mismas. Así, el espesor de la torta obtenida se corresponde con la parte hueca central que queda entre las dos placas.

La estanqueidad del conjunto queda asegurada por la presión que una placa aplica sobre otra.

Destino final de fangos

1. GESTIÓN INTEGRAL DE LAS DEPURADORAS

Con la construcción de las primeras estaciones depuradoras, el principal objetivo a conseguir era la depuración de las aguas.

Hoy en día, el problema de contaminación de las aguas se encuentra en su mayor parte solucionado, conforme se han ido desarrollando nuevas técnicas, tanto a nivel urbano como industrial, los procesos se han ido mejorando, con el objeto de obtener las mejores calidades y máximos rendimientos en los efluentes que se vierten al medio en unas condiciones tales que no produzcan impactos en el medio ambiente que los rodean ni supongan un riesgo para los humanos y animales.

Sin embargo, estos procesos de depuración generan una serie de residuos, los conocidos lodos de depuración, cuyo fin es el de retener los contaminantes antes arrastrados por las aguas.

Así pues, cuando se plantea la gestión integral de las aguas residuales, no nos podemos olvidar de los lodos. Su gestión adecuada es indispensable para que todos los esfuerzos realizados con anterioridad sean válidos. La calidad de los residuos obtenidos, en cuanto a su composición química y física, debe tenerse en cuenta, e incluirse dentro de los planes de gestión de las depuradoras, cuyo funcionamiento no debe reducirse sólo a la calidad de las aguas.

Es cierto, que dentro de la preocupación de los gestores actuales de las estaciones depuradoras, entendiendo como tales tanto a las administraciones públicas como a las diversas empresas adjudicatarias de los servicios de explotación de las mismas y a los propios industriales, se encuentra en la búsqueda a una solución real y con futuro para el destino final de estos lodos, con el mínimo impacto ambiental y que permita a su vez la valorización de las materias que contienen.

2. ¿QUÉ SON LOS LODOS?

Los lodos son compuestos de subproductos recogidos en las diferentes etapas de descontaminación de las aguas residuales. Su producción resulta de un proceso de acumulación consecutivo de tres fenómenos combinados:

- la producción de microorganismos
- la acumulación de materias en suspensión minerales
- la acumulación de materias orgánicas no biodegradables en las condiciones de trabajo

Una característica muy importante de los lodos es la fuerza con la que el agua está ligada a la materia seca que contienen. Una parte del agua se presenta como agua libre, pero la mayor cantidad del agua adicional requiere de fuerzas externas para ser eliminada.

En general, sus principales características son:

- Sequedad: 20-30%
- Materia orgánica: 60-80%
- Materia inerte: 40-20%
- Nitrógeno: 3-5%

Escaso contenido en macroelementos (P y K)

Posible presencia de metales pesados

Microorganismos patógenos: bacterias, parásitos intestinales y virus

Existen dos grandes tipos de lodos:

Urbanos:

Generados durante el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico. Poseen un contenido en materia volátil elevado (70% de la materia orgánica seca). En lo que concierne a su producción, se parte de la estimación de que un habitante produce entre 15-20 Kg de materia seca/año (0,2 Kg de MS/m3 de agua depurada).

(FALTA FIGURA)

Industriales:

Generados durante el tratamiento de las aguas industriales y sus características dependen de la naturaleza de las actividades industriales asociadas. Por ejemplo, las industrias agroalimentarias producen lodos orgánicos, mientras otros lodos industriales son esencialmente minerales y contienen elementos traza metálicos (lodos hidróxidos) u orgánicos. Su producción alcanza los mismos niveles que la de los lodos urbanos.

3. PLAN NACIONAL DE LODOS 2001-2006

Resolución 14 de Junio de 2001 de la Secretaría General de Medio Ambiente, publicado en BOE nº 166, Jueves 12 de Julio de 2001.

3.1 Marco legal de referencia

Normas de carácter agronómico

Posibilidad de uso como abonos y enmiendas orgánicas en suelos

Directiva 86/278/CEE, relativa a la protección del medio ambiente y en particular de los suelos en la utilización de lodos con fines agrícolas.

Establece los contenidos máximos de metales pesados en los lodos destinados a uso agrícola, así como en los suelos objeto de estas aplicaciones

Prohíbe la aplicación en algunos cultivos, al tiempo que establece plazos para su aplicación en los cultivos autorizados.

Considera la necesidad de mantener un código de buenas prácticas agrícolas a fin de garantizar la protección del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas.

Determina la realización de analíticas de lodos y suelos, obliga a facilitar información al usuario y a mantener un registro de los puntos de aplicación, sin llegar a definir a quién corresponde la caracterización de los suelos.

Establece los métodos oficiales para la caracterización de los lodos así como para el muestreo y análisis de los suelos objeto de aplicación.

Real Decreto 1310/1990 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Por el que se transpone la Directiva 86/278 a nuestro ordenamiento jurídico interno y se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario

Incorpora íntegramente el texto de la norma (para algunos metales en suelos aplica criterios más estrictos)

Orden de 26/10/1993 del MAPA sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario

Desarrollo del R.D. 1310/1990 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Obligación de facilitar al órgano competente información semestral sobre producción, características y puntos de aplicación (Ficha Semestral de Explotación Agrícola)

Orden de 22/11/1993 de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación por la que se desarrolla en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía el R.D. 1310/90 y Orden 26/10/1993

Directiva 91/676/CEE transpuesta al Derecho español mediante el R.D. 261/1996 de 16 de febrero, contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Normas aplicables a residuos

Los lodos de depuración son considerados como residuos no peligrosos y se encuentran incluidos en el Catálogo Europeo de Residuos (CER) con el código 190805.

- Directiva 91/156/CEE de 18 de marzo de 1991, relativa a residuos transpuesta al Derecho español mediante la Ley 10/1998 de 21 de abril de Residuos
- Decisión de la Comisión 94/3/CE, de 20 de diciembre de 1993, por la que se establece el Catálogo Europeo de residuos (CER), incorporado a nuestro ordenamiento por la Resolución del Ministerio de Medio Ambiente de 17 de noviembre de 1998.

Introducen en nuestro ordenamiento jurídico algunos nuevos principios de gestión que hay que respetar, como el de priorización y el de responsabilidad del productor.

Otras normas

A las instalaciones para la gestión de lodos les es de aplicación la Directiva 96/91/CEE relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC), que entre cosas contempla la utilización de las mejores técnicas disponibles (BAT / MTD) en las actividades de gestión de lodos de depuración.

El desarrollo de la MTD aún no se ha elaborado.

3.2 Situación actual y previsiones

Al parecer se han encontrado con muchas dificultades en la realización del Plan debido a la falta de datos existente por la reticencia a proporcionar información por parte de los gestores de los lodos, por lo que existen muchas deficiencias.

Aunque no se dispone en España de datos cuantitativos verificados y comprobados ni sobre la generación de lodos ni sobre su gestión, la producción de lodos en 1998 estuvo entorno a 800.000 Toneladas de materia seca, lo que equivale, en términos de residuos (lodo deshidratado), a unos 3,5 millones de toneladas. Estos lodos fueron destinados a:

Uso agrícola	51%
A vertedero	22%
Incinerado	4%

Para el año 2005 se estima que la producción de lodos será de 1.547.976 t de materia seca, repartidas por CCAA de la siguiente manera:

Comunidad autónoma	t m.s./año
Andalucía	312.500
Aragón	41.000
Asturias	36.000
Baleares	29.000
Canarias	54.000
Cantabria	18.000
Castilla y León	81.000
Castilla la Mancha	56.000
Cataluña	200.000
Ceuta	1.200
Comunidad Valenciana	130.000
Extremadura	36.000
Galicia	90.000
La Rioja	8.000
Madrid	178.000-342.862
Melilla	1.100
Murcia	37.000
Navarra	11.314
País Vasco	63.000
España	1383.114-1.547.976

3.3 Equipamientos e infraestructuras existentes en la actualidad en España

3.3.1 Plantas de compostaje =

En proyecto se encuentra una planta en Olot (Cataluña). La capacidad total de tratamiento de estas plantas es del orden de 560-600.000 t/año de lodos deshidratados. También existen algunas plantas de iniciativa privada que utilizan lodos como una materia prima del compost.

3.3.2 Plantas de secado térmico =

Cataluña	Reus Vilaseca-Salou Blanes Manresa Teia
Castilla- León	Burgos
Baleares	Ciudatella Felanitx Sa Pobla Ariany
Valencia	Aspe Pinedo
Madrid	Madrid (2) Guadalix de la Sierra
Navarra	Pamplona Estella
Región de Murcia	Cañadahermosa

Cataluña	Banyoles Granollers Montornés del Vallés Sabadell
Castilla- León	Valladolid

Están previstas nuevas plantas en Asturias, Mataró y Rubí (Cataluña), León (Castilla-León), Valencia (Valencia), Bahía de Mallorca (Baleares), Madrid y Butarque (Madrid).

Se estima en unas 680-700.000 t/año de lodos deshidratados la capacidad total de tratamiento en España.

3.3.3 Plantas de digestión anaerobia

Cataluña	Reus Sabadell Girona Lleida
Navarra	Pamplona Estella Olite-Tafalla

Existen otras en proyecto en Andalucía (Jerez) y La Rioja (Logroño y Haro).

3.3.4 Plantas de incineración

Andalucía	Córdoba
Aragón	Zaragoza
Valencia	Pinedo
País Vasco	Galindo

La capacidad total de estas plantas es del orden de 200.000 t/año de lodos de deshidratados.

3.4 Posibilidades tecnológicas de reutilización y valorización de los Lodos de Depuradora

Tres son los principales usos posibles de lodos:

Aplicación al suelo con fines de fertilización y reciclaje de nutrientes y de la materia orgánica

Valorización energética, incluyendo biometanización

Depósito en vertedero

Este es el orden de prioridad en que se debe decidir el destino final de los fangos

El Plan Nacional de Lodos, siempre que los lodos cumplan los requisitos legales, incluidos los que puedan establecerse en el futuro (bajo contenido en metales pesados y otros contaminantes orgánicos, así como patógenos y exista disponibilidad de suelo apto para su aplicación) considera que la opción más sostenible es el reciclaje de nutrientes y materia orgánica mediante su aplicación al suelo.

3.5 Objetivos ecológicos del Plan

Los objetivos que se persiguen con el Plan son los siguientes:

Reducción en el origen de la contaminación de los lodos

Caracterización de los lodos generados en España antes del 2003

Valorización de al menos el 80% de los lodos antes del 2007

Aplicación agrícola de al menos un 25% de los lodos compostados, antes del 2007

Valorización en usos agrícolas de al menos el 40% de los lodos tratados anaeróbicamente o sometidos a otros tratamientos, antes del 2007

Valorización energética del 15% de lodos antes del 2007

Reducción a un máximo del 20% de los lodos depositados en vertedero antes del 2007

Creación de un sistema estadístico y bases de datos sobre lodos y su gestión, para su integración en el futuro Inventario Nacional de Residuos.

3.5.1 Medidas que se adoptarán para lograr los objetivos

Puesta en práctica de un programa de prevención para reducir la contaminación en origen de los lodos

Puesta en práctica de un programa de caracterización sistemática de los lodos y un programa de muestreo de suelos receptores

Ayudas a la construcción de plantas de compostaje de lodos

Apoyo a la implantación y mejora de otras líneas de tratamiento de lodos

Ayudas a la construcción de centros de recogida y almacenamiento intermedio de lodos

Elaboración de códigos para la correcta gestión y aplicación de los lodos en los suelos, a realizar en colaboración con el MAPA y las CCAA

Promoción del uso de lodos en terrenos públicos (cultivos, jardines, etc)

Ayudas a las iniciativas tendentes a la búsqueda de nuevos usos de lodos

Programa de I+D+I para apoyar, técnica y científicamente, las actuaciones anteriores. (tecnologías de tratamiento, optimización de alas aplicaciones…)

Ayudas a los programas de divulgación, formación y concienciación ciudadana tendentes a ampliar la demanda de lodos, en particular por parte del sector agrario

Ayudas a la elaboración de un sistema informativo y de bases de datos de generación y gestión de lodos

3.6 Presupuesto y financiación:

Concepto	Programa	Nº	Inversión (MM Ptas)	Inversión (M Euros)
Prevención	Reducción contaminación en origen		5.000	30.050,61
Valorización agrícola	Caracterización analítica de lodos y muestreo de suelos		3.500	21.035,42
Inversiones en Infraestructura	Plantas de compostaje (capacidades 5.000÷25.000 t de m.s. al año) *	40	11.400	68.515,38
	Medidas de corrección del impacto ambiental en tratamientos térmicos y pretratamientos		4.000	24.040,48
	Centros de recogida y almacenaje	60	6.000	36.060,73
	Apoyo a la implantación y mejora de otras líneas de tratamiento de lodos		45.000	270.455,45
	Adaptación y mejora de Plantas de incineración de lodos	4	1.200	7.212,15

I+D:Mejoras de las prácticas ambientales	Desarrollo de nuevos usos de LD		1.000	6.010,12
	Elaboración de códigos, directrices técnicas, promoción del uso en terrenos públicos y búsqueda de nuevos usos de los lodos y otras		1.000	6.010,12
Sensibilización y formación	Sensibilización pública y concienciación ciudadana		400	2.404,05
	Formación de personal especializado		400	2.404,05
Control estadístico	Creación y mejora de sistemas de información y bases de datos		250	1.502,53
TOTAL			79.150	475.701,08

Las actuaciones que se desarrollen al amparo del Plan se financiarán mediante:

Fondo de Cohesión

Fondos Estructurales de la Unión Europea

Aportaciones presupuestarias de las Administraciones Públicas competentes

Contribuciones de los agentes, organizaciones o personas legalmente responsables del coste de la correcta gestión ambiental de los residuos

4. SECADO TÉRMICO DE LODOS

4.1 Características de principales tecnologías aplicadas

El proceso de secado térmico se realiza aportando la energía térmica necesaria para eliminar el agua del fango hasta el límite para el que se haya diseñado (normalmente alrededor del 90% de sequedad en el fango).

Las necesidades térmicas para evaporar 1 kg. de agua a partir de una temperatura de 20 °C son 20 kcal., sin embargo en la práctica este valor depende de la eficiencia de cada tipo de secador, como término medio se puede considerar un consumo de unas 750 kcal/kg. de agua evaporada.

El secado térmico permite transformar un producto pastoso (20÷35% de materia seca) en un producto seco, generalmente en forma de pelets o bolas de entre 1 y 3 mm, que puede ser empleado como:

Corrector orgánico para mejorar la estructura del suelo en la agricultura, si sus características de composición (especialmente en cuanto a metales pesados) lo hiciesen apto para este fin.

Combustible de baja calidad, en general en cementeras, incineradoras de basuras y plantas térmicas, con un valor calorífico equivalente aproximado de 4 kg. pelets = 1 litro de gasoil.

Cuando no existe otra alternativa que llevar los fangos a vertedero también minimiza el impacto ambiental ya que se eliminan los lixiviados que pudiera generar y se alarga la vida útil del vertedero.

4.2 Tipos de secadores

En casi todos los secadores, hay que evitar la llamada fase pastosa alrededor del 50% de humedad, que provoca formación de apelmazamientos y trastornos en el transporte del fango. Para superar esta fase pastosa es por lo que se recircula fango ya seco, aumentando la sequedad del fango hasta un valor superior a este límite de pastosidad.

En función de la forma de transmisión del calor hay dos tipos de secadores:

Convección: un gas caliente (aire, gases de escape…) transmite directamente el calor a la materia a secar. La gama de temperaturas del gas es muy variable.

Contacto: los sólidos a secar son calentados por contacto con una superficie caliente (indirecta) por medio de vapor o aceite térmico.

Los secadores de convección necesitan una gran superficie de fango expuesta a la corriente de gases caliente. En la mayoría de los casos, es necesaria una mezcla de fango deshidratado y de fango ya seco, para conseguir formar pequeñas bolas que ofrecen mayor superficie de contacto con el gas y conseguir además una mezcla con el 55% de sequedad para evitar así la fase plástica.

En función de si los gases de combustión entran o no en contacto con el fango a secar:

Directos: los gases de combustión entran en contacto directo con el fango a secar

Indirectos: cuando es por convección indirecta el calor de los gases de escape se traspasa a través de un intercambiador de calor al aire que, una vez calentado, será el que aporte la energía térmica suficiente para llevar a cabo el secado. Los de contacto son todos indirectos.

A continuación se relacionan los principales equipos secadores disponibles en el mercado:

4.2.1 Secador de tambor (convección)

El fango deshidratado se acondiciona previamente mezclándolo con fango ya secado. Se introduce en el tambor juntamente con el gas caliente. El fango avanza a lo largo del tambor de distintas formas:

Desplazamiento mecánico: por la rotación del tambor, debido a la incorporación de deflectores en su interior o por gravedad.

(Tecnologías Swiss Combi)

Desplazamiento neumático: la propia corriente del gas desplaza el fango.

(Tecnología Andritz)

4.2.2 Secador de cinta o banda (convección)

Se alimenta el fango extrusionado dándole forma de pequeños espaguetis los cuales se depositan sobre una cinta perforada, esta cinta avanza dentro de un túnel donde se le expone a una corriente de gases

calientes. En este mismo sistema cabría diferenciar ciertos tipos por la temperatura de los gases, pudiendo llegar a funcionar a muy baja temperatura (55 °C).

(Tecnología STC)

4.2.3 Secador de lecho fluidificado (convección)

El fango se introduce en una cámara llena parcialmente del material que hará de lecho, el propio fango seco, por el fondo de esta cámara se inyecta un gas caliente, normalmente aire, que crea unas turbulencias que mantiene en suspensión la mezcla lecho-fango. Debido al calor del gas y a la turbulencia el fango se seca. En algunos equipos de esta tecnología se añade otra fuente de aportación de calor a través de intercambiadores de calor sumergidos en el lecho fluidificado.

(Tecnología Austrian Energie)

4.2.4 Centrífuga (convección)

Se alimenta directamente con fango espesado. Combina la deshidratación del fango por efecto de la fuerza centrífuga en una primera fase, con propiamente el secado en una fase posterior dentro del mismo equipo por medio de un flujo de aire caliente a contracorriente. Es un sistema extremadamente simple lo que reduce la necesidad de algunos equipos periféricos.

(Tecnología Humoldt)

4.2.5 Secador de estrato delgado (contacto-convección)

Este equipo también conocido por turbosecador, está formado por una camisa caliente de forma cilíndrica dentro de la cual gira un rotor con palas que obliga al fango deshidratado a ponerse en contacto con esta camisa, formando una fina película. El calor se aporta a esta camisa mediante la circulación por su interior de aceite térmico o vapor. El fango se calienta por contacto con la camisa y por convección con el aire caliente que circula por el interior del tambor. El tiempo de permanencia es de pocos minutos.

4.2.6 Secador de disco (contacto)

El secador consiste en un tambor horizontal, en cuyo interior giran lentamente unos discos huecos a través de los cuales circula el aceite térmico o el vapor de agua. El fango, que entra que entra mezclado con fango seco por uno de sus extremos, avanza a lo largo del tambor gracias a unos deflectores colocados en los propios discos y en el tambor que tienen la doble misión de hacer avanzar el fango y evitar que se pegue a las paredes del secador.

(Tecnología Stord)

4.2.7 Secador vertical de bandejas (contacto)

Hay una serie de pisos circulares huecos por donde circula el elemento calefactor. El fango a secar juntamente con el ya seco mezclado en proporción adecuada, entra en el secador por la parte superior. Un sistema de paletas colocadas en la superficie hacen que el fango vaya avanzando desde el exterior hacia el centro del piso cayendo al inferior y en éste el movimiento del fango es desde el centro hacia la periferia.

(Tecnología Seghers)ayudemen ustedes quiero saber la disposicion de los lodos industriales

5. OTRAS ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE LODOS DE EDAR

5.1. Lodos como materia prima para la construcción

Una alternativa para el destino final de los lodos lo constituye el sector de la construcción, que por sus grandes necesidades de materias primas puede absorber la práctica totalidad de los lodos generados por el tratamiento de aguas residuales del país. La inertización de los mismos en matrices cerámicas permite obtener materiales aptos para la construcción.

A juicio de Joan Cusidó de la Universidad Politécnica de Cataluña existen importantes oportunidades de negocio en la valorización cerámica de los lodos de depuradora y potabilizadora. Los productos finales han demostrado una perfecta adecuación a las normativas técnicas para su uso en la construcción.

Las plantas para producción de materiales cerámicos a partir de estos lodos tienen un mayor coste de implantación debido a los sistemas de depuración de gases de la cocción cerámica, necesarios para cumplir los requerimientos ambientales. Asegura Joan Cusidó que la amortización de esta tecnología de tratamiento de gases se alcanza antes del primer año de funcionamiento de la planta contando con el valor del producto y las subvenciones por eliminación de lodos a través de su incorporación como materia prima en la obtención de productos de construcción.

5.2 Lodos para la restauración de espacios afectados por actividades extractivas

Una alternativa para el destino final de los lodos lo constituye el empleo de los mismos para restauración y acondicionamiento de espacios afectados por actividades extractivas.

Este empleo del lodo se está poniendo en práctica en Cataluña bajo la dirección del Sr. Esteve Serra Rodríguez, Jefe de la Sección de Restauración de Actividades Extractivas de la Dirección General de Patrimonio y del Medio Físico de la Generalitat de Cataluña.

Se realiza la recuperación de minas a prados y terreno forestal, siendo también posible la recuperación para la agricultura. Los lodos se depositan mezclados con tierras que pueden ser totalmente infértil pero debe tener al menos un 20% de fracción fina (<2mm). Tan sólo es necesaria una aplicación en el momento inicial, el lodo se descompone rápidamente, se forman colonias de lombrices y no se necesita hacer siembra, al cabo de aproximadamente un año la vegetación es uniforme.

Con este mismo fin puede usarse en taludes de carreteras y autopistas.

Diseño de procesos en digestión anaerobia

1. INTRODUCCIÓN

La velocidad de carga orgánica máxima de un proceso anaerobio está limitada por el tiempo de retención y por la actividad de los microorganismos implicados en los mecanismos bioquímicos de degradación de la materia orgánica. Puesto que las bacterias formadoras de metano tienen una velocidad de crecimiento baja, la retención de la biomasa activa es la clave de la operación de los reactores anaerobios avanzados, que permiten operar con bajos tiempos de retención hidráulicos (TRH) y elevados tiempos de retención de sólidos (TRS).

Todas las técnicas actualmente utilizadas se basan en la propiedad de las bacterias de formar flóculos por unión con otras bacterias, o de adherirse sobre superficies sólidas. En este sentido, las técnicas de retención de los microorganismos en el reactor pueden ser:

- Sedimentación interna.
- Sedimentación externa y recirculación.
- Inmovilización sobre superficies sólidas. Con respecto a la actividad de los microorganismos, puede conseguirse un comportamiento óptimo mediante:
- Eliminación de depósitos de material inerte. La mayor parte de las aguas residuales contienen sólidos inertes no degradables cuya acumulación en el digestor hace descender la concentración de la biomasa activa. Este problema puede resolverse utilizando una etapa previa de separación de estos materiales.
- Disminución de las limitaciones relacionadas con el fenómeno de difusión. La actividad de los organismos puede estar limitada por la difusión del sustrato. El proceso de difusión externo se incrementa mediante una adecuada agitación que facilite el contacto bacteria / sustrato. La difusión interna, a través de la capa de microorganismos que forman flóculos o película adherida, se facilita utilizando espesores de biocapa inferiores a 1 mm.
- Aplicación de procesos en varias etapas.

Los diferentes tipos de procesos de tratamiento anaerobio son:

1.) Reactores monoetapa en los que la biomasa bacteriana no se encuentra soportada.
   1.) Reactor sin calentamiento y sin mezcla.
   2.) Reactor de mezcla continua (CSTR).
   3.) Reactor primario + secundario.
   4.) Reactor de contacto.
   5.) Reactor de lecho suspendido (UASB).
2.) Reactores monoetapa en los que la biomasa bacteriana se encuentra inmovilizada o soportada.
   1.) Filtro anaerobio.
   2.) Contactor biológico rotativo anaerobio (AnRBC).
   3.) Reactor de contacto con material de soporte (CASBER).
   4.) Reactores híbridos.
   5.) Reactores de lecho móvil.
      - Reactor de lecho expandido (AAFEB).
      - Reactor de lecho fluidizado (AAFFB).
3. Reactores multietapa.
   1.) Reactores en paralelo.
   2.) Reactores en serie.
   3.) Reactores con separación de fases.

2. REACTOR SIN CALENTAMIENTO Y SIN MEZCLA

Es, sin duda, el más simple y el más antiguo de todos los procesos de digestión.

Este digestor es un gran tanque de almacenamiento, donde no existe ningún elemento capaz de acelerar el proceso. La llegada del influente se realiza intermitentemente. Se trata, por lo tanto, de un reactor de alimentación semicontinua.

La mezcla o agitación en el interior del digestor la llevan a cabo las burbujas de biogás producido en el proceso, en su camino ascendente hacia la superficie. Esta pequeña agitación da lugar a una estratificación en el interior del digestor. Se distinguen principalmente tres zonas:

- Zona superior, donde se encuentran las espumas.
- Zona media, donde se sitúan los sobrenadantes.
- Zona inferior, donde se lleva a cabo el proceso de digestión. El influente digerido se espesa en esta zona y cada cierto tiempo es extraído por la parte central inferior del digestor.

Los líquidos sobrenadantes se extraen por un lateral. Por la parte superior de la cubierta se extrae el gas formado en el proceso. La llegada del influente se realiza por la parte superior.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 0,4 - 1,6.
- Tiempo de retención hidráulico (d): 30 - 60.

Como el TRH es elevado y equivalente al TRS, la concentración de biomasa activa que se puede conseguir es limitada y, por consiguiente, la carga volumétrica y la producción de gas son bajas.

Como no existe en este sistema recirculación de parte del influente digerido, las aguas residuales tienen que contener un inóculo de microorganismos anaerobios, por lo que estos reactores se suelen utilizar en la digestión de vertidos que contienen estiércoles. Son, pues, digestores típicamente rurales.

3. REACTOR DE MEZCLA CONTINUA (CSTR)

Este tipo de reactores empezó a desarrollarse a partir de que las experiencias realizadas en laboratorio demostraron que el calentamiento, la mezcla y la alimentación uniforme, favorecían el proceso de digestión. Como consecuencia de estas mejoras, el volumen del digestor se reduce.

Son reactores relativamente simples, calentados, de mezcla completa y sin recirculación de parte del influente digerido. En este caso, el TRH es también igual al TRS.

Para un tratamiento efectivo del influente, este tipo de reactores requiere largos TRH, ya que carecen de medios específicos de retención de la biomasa activa. Con la reducción del TRH en un digestor de mezcla completa, la cantidad de microorganismos dentro del digestor también disminuye, ya que son lavados con el efluente. El tiempo de retención hidráulico crítico (TRC) se alcanza cuando las bacterias son extraídas del reactor a una velocidad mayor a la que éstas se reproducen. Dado que las bacterias formadoras de metano son de más lento crecimiento que las bacterias formadoras de ácidos, las primeras son consideradas como el componente limitante en el proceso de digestión anaerobia. Necesitan largos TRS (y, por lo tanto, largos TRH), con valores mínimos alrededor de 3 a 5 días a 35 ºC. Para asegurar el funcionamiento del proceso, los TRH suelen variar entre 10 y 30 días a 35 ºC.

Las características operacionales de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 1 - 6.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 2 - 5.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 25 - 100.
- Tiempo de retención hidráulico (d): 10 - 30.
- Tiempo de arranque (d): 30 - 90.

Estos reactores se aplican, básicamente, en el tratamiento de fangos de aguas residuales urbanas, y de influentes con estiércoles y aquellos provenientes de actividades agrícolas o agroindustriales.

4. REACTOR PRIMARIO + SECUNDARIO

Un digestor de mezcla completa (digestor primario) puede estar acoplado en serie con un segundo tanque de digestión (digestor secundario). Tradicionalmente, este segundo tanque es de un diseño similar al primario, y se diferencia de éste en que no lleva equipos de agitación ni de calentamiento. La principal misión de esta segunda unidad es la de concentrar el influente digerido y eliminar el líquido sobrenadante. Con esto se consigue disminuir el volumen de lodo que se envía a los siguientes procesos de tratamiento.

La reducción de sólidos y la formación de gas en esta segunda unidad es casi despreciable. El rendimiento obtenido en estos digestores secundarios es muy pequeño, y se debe a dos factores:

1.) El influente digerido que llega a esta unidad tiene un alto contenido de gas ocluido, que tiende a subir a la superficie, arrastrando partículas de sólidos que escaparán con los sobrenadantes.
2.) Por efecto de la agitación y mezcla que se produce en el digestor primario, las partículas sólidas se rompen formando otras de tamaño más pequeño. Estas partículas decantan muy mal y se quedan en la superficie donde se van con el sobrenadante.

Estos sobrenadantes son de muy baja calidad, con una gran cantidad de sólidos.

Este problema puede evitarse sometiendo a este líquido a un tratamiento independiente antes de recircularlos a cabecera como, por ejemplo, a una laguna de oxidación, a un biodisco, etc.

En definitiva, la misión de estos digestores secundarios, con más o menos eficacia, es la de:

1.) Espesar el influente digerido.
2.) Servir de reserva al digestor primario, lo que obligaría a colocar equipos de calentamiento y mezcla.

3.) Almacenar el influente digerido.
4.) Constituir un margen de seguridad para evitar la fuga de influentes no digeridos.
5.) Reducir gérmenes patógenos

5. REACTOR DE CONTACTO

La primera mejora del proceso anaerobio consistió en la separación del TRS del TRH. Separando el TRS del TRH, el volumen del digestor se reduce y la densidad de carga orgánica o la velocidad de carga orgánica a tratar se incrementa. Por lo tanto, aguas residuales relativamente cargadas, pueden ser tratadas a bajos TRHs, pero manteniendo el TRS requerido para el desarrollo de bacterias metanogénicas.

En este sentido, el primer proceso anaerobio que separó el TRS del TRH fue la digestión de contacto anaerobia, similar en su configuración al sistema de fangos activados.

Este proceso comprende la alimentación continua de un reactor de mezcla completa seguido de un clarificador o separador sólido/líquido. Parte del lodo digerido y sedimentado se recircula al digestor, donde se mezcla con el influente no digerido. La reinoculación de una biomasa bien aclimatada permite mantener óptimas condiciones de funcionamiento del proceso, sobre todo en aguas residuales industriales. Estas a diferencia de la urbanas, no contienen generalmente un alta proporción de microorganismos.

En este proceso la operación esencial es la separación sólido/líquido, lo cual ofrece serios problemas, dadas las características de este tipo de lodos, y el continuo desprendimiento de burbujas de gas que dificulta enormemente el proceso de separación (ver punto 4), por lo que hay que recurrir previamente a sistemas de desgasificación. El uso de la técnica de stripping o el enfriamiento del influente digerido en su camino hacia el clarificador puede disminuir este problema. Una reducción en la temperatura de 35 a 15 ºC detiene la producción de gas en el clarificador y favorece la floculación de los sólidos. Esto último también puede conseguirse mediante el uso de coagulantes, tales como el hidróxido sódico seguido de cloruro férrico. También se utilizan membranas de ultrafiltración para conseguir una alta retención celular.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 2 - 10.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 5 - 10.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0,5 - 20.
- Tiempo de retención hidráulico (d): 1 - 5.
- Tiempo de arranque (d): 20 - 60.

6. REACTOR DE FLUJO SUSPENDIDO (UASB)

En este tipo de sistemas, las bacterias se desarrollan como una masa floculante en un flujo ascendente del influente. El lecho bacteriano es retenido por su propia masa y por pequeñas partículas presentes en el influente en la parte inferior del reactor, mientras que el gas y el efluente escapan por la parte superior del mismo. Como la disociación de la biomasa bacteriana ocurre en cierto grado, parte de los organismos se pierden por el efluente. Sin embargo, y aunque el TRH es bajo, el TRS es lo suficientemente prolongado para que se desarrolle una densa masa de microorganismos metanogénicos.

En un reactor UASB, la biomasa bacteriana esta presente en forma de granos o glomérulos compactos de hasta 3 - 4 mm, que se desarrollan bajo condiciones de flujo ascendente continuo mediante mecanismos no bien conocidos.

Una de las dos claves principales para mantener un elevado tiempo de retención del fango es la obtención de un fango con buenas características de sedimentación. Auténticos gránulos de tamaño considerables se forman después de uno o dos meses de funcionamiento del sistema. Las características de sedimentación del fango aumentan si el mecanismo de agitación del fango es mínimo o nulo. La concentración de fango en la zona inferior del reactor puede ser de hasta 40 - 70 g SSV/l, y las partículas llegan a alcanzar una velocidad de sedimentación de hasta 50 m/h. Sobre este lecho de fango se desarrolla otro lecho. Este último está formado por gránulos más pequeños, flóculos y burbujas de gas y se encuentra estratificado, siendo más denso y con granos más grandes en su zona inferior y menos denso y con gránulos más pequeños en su zona superior.

La segunda clave para el óptimo funcionamiento de este tipo de sistema es la instalación de un separador sólido/gas en la parte superior del reactor. Este sedimentador/desgasificador actúa como un sedimentador interno, y evita la fuga de los flóculos de pequeño tamaño que ascienden adheridos a las burbujas de gas.

Las características operacionales de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 5 - 30.
- Tiempo de retención hidráulico (d): 0,2 - 2.
- Concentración media en el interior (g SSV/l): 20 - 40.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0 - 5.
- Tiempo de arranque (d): 30 - 60.
- Velocidad vertical ascendente (m/h): 0,6 - 0,9.

La elevadas cargas orgánicas que admite este tipo de reactores hace que se hayan empleado de manera efectiva en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria alimentaría.

7. FILTRO ANAEROBIO

En un sistema de filtro anaerobio (también llamado sistema de película fija o de lecho fijo) la biomasa bacteriana se encuentra, en parte, inmovilizada en un material de soporte fijo en el reactor biológico, y en parte en suspensión entre los espacios vacíos que restan (la mayor proporción).

El flujo del influente es normalmente vertical, bien ascendente y el propio material de relleno actúa como separador de gas, que se recoge en la parte superior, proporcionando zonas de reposo para la sedimentación de los sólidos que se encuentran en suspensión.

La rugosidad del material de soporte, su grado de porosidad, así como el tamaño del poro, afecta a la tasa de colonización de la población microbiana. Los materiales utilizados pueden ser ladrillos, granito, vinilos, poliésteres, poliuteranos, materiales cerámicos, de vidrio, etc.

En los reactores de flujo ascendente la mayor parte de la biomasa bacteriana se acumula como flóculos, mientras que en los de flujo descendente, la biomasa está casi totalmente retenida en las paredes del reactor y el material de soporte.

El filtro anaerobio es aconsejable para aguas residuales con carga orgánica moderada soluble o que se degrade fácilmente en compuestos solubles y, también, para aguas con elevada carga orgánica soluble que pueda ser diluida con recirculación de efluente. Los filtros con flujo descendente no pueden usarse para tratar aguas con fracciones apreciables de sólidos en suspensión, ya que pueden provocar problemas de atascos.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 0,15 - 30.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 10 - 20.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0 - 10.
- Tiempo de retención hidráulico: 0,5 - 2.
- Tiempo de arranque (d): 20 - 70.

8. CONTACTORES BIOLOGICOS ROTATIVOS ANAEROBIOS (AnRBC)

En este caso, la biomasa bacteriana se encuentra soportada sobre un material inerte, configurado a modo de discos paralelos (biodiscos), de jaulas cilíndricas rellenas de diversos materiales (biocilindros), o tambores recorridos internamente por canales (biorrotores). Estos dispositivos se encuentran total o casi totalmente sumergidos, rotando continuamente sobre un eje horizontal, en un tanque cerrado a través del cual fluye el agua residual. La rotación continuada permite la mezcla dentro del tanque y facilita la transferencia del biogás producido a la zona superior del tanque.

La velocidad de rotación ejerce cierto control sobre el grosor de la biopelícula, y suele ser entre 1 y 7 rpm, producida por un mecanismo mecánico o una soplante.

Cuando el espesor de la biopelícula alcanza un determinado grosor, los organismos más en el interior en contacto con el soporte, mueren por falta de nutrientes y las fuerzas hidráulica que ejerce el flujo de influente y la rotación desprenden la biopelícula. Esta materia orgánica es arrastrada por el agua y separada mediante sedimentación por un separador sólido/líquido.

Las características operacionales de este proceso no están bien establecidas, al no estar muy extendido su uso.

9. REACTOR DE CONTACTO CON MATERIAL DE SOPORTE (CASBER)

Este proceso es esencialmente idéntico al contacto interno, peor con la incorporación de un material inerte en el digestor.

En este caso, la adición de material de soporte es extremadamente limitada en comparación con la cantidad usada comúnmente en, por ejemplo, los reactores de lecho fluidizado.

Las partículas utilizadas suelen tener un diámetro entre 5 y 25 mm, tienen una baja velocidad de sedimentación y, por lo tanto, pueden mantenerse en suspensión con un bajo grado de agitación. Un pequeño porcentaje de bacterias es soportada en estas partículas, que pueden ser arenas, plásticos, etc., mientras que un porcentaje sustancial de la biomasa activa permanece como flóculos en suspensión.

Como en el caso del sistema de contacto interno, la fase principal del proceso es la separación sólido/líquido.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 4 - 25.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 5 - 15.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0,5 - 10.
- Tiempo de retención hidráulico (d): 0,25 - 2.
- Tiempo de arranque (d): 20 - 60.

Este proceso es extraordinariamente adecuado para aguas residuales con alta carga de residuos fácilmente hidrolizables, como las de la industria alimentaría.

10. REACTORES HÍBRIDOS

En los últimos años se ha desarrollado un tipo de reactores que combina características del sistema de lecho suspendido y del filtro anaerobio de flujo ascendente. La parte correspondiente a éste último comprende el tercio superior del reactor y su función más importante no es tanto el aumento en el rendimiento de la operación como la posibilidad de retención de la biomasa. De esta manera se trata de sumar las ventajas del reactor UASB (altas cargas y simplicidad) con las del filtro anaerobio (altas cargas y resistencia a las sobrecargas).

11. REACTORES DE LECHO MÓVIL

El tratamiento biológico efectivo de aguas residuales industriales y de otro tipo de influentes requiere de sistemas que aseguren un amplio rango de tolerancia a fluctuaciones en las condiciones de operación. El pH, la densidad de carga y la temperatura, pueden variar afectando a la actividad y viabilidad de las poblaciones bacteriana presentes en el reactor anaerobio. Esto hace que los procesos de película fija se consideren, en general, más resistentes que otros sistemas alternativos a

cambios en los parámetros de operación del proceso por su capacidad para retener la biomasa.

La degradación anaerobia de aguas residuales está limitada en los sistemas de crecimiento bacteriano en suspensión por la concentración que puede alcanzar el lodo en el reactor, aunque estos problemas pueden reducirse, en cierta manera, con la sedimentación y recirculación del mismo.

Los sistemas de filtro bacteriano dependen de la inmovilización de la biomasa bacteriana, y para minimizar pérdidas de presión y problemas de oclusiones por sólidos, el material fijo tiene diámetros bastante grandes, lo que limita la superficie colonizada por m3 de reactor alrededor de 200 m2/m3. Estos problemas quedan superados con los sistemas de lecho expandido y fluidizado donde el tamaño del diámetro empleado permite acumular elevadas biomasas bacterianas alrededor de las partículas de soporte. Estos sistemas también reducen los problemas de atascos y los tiempos requeridos para el tratamiento.

La distinción entre lecho expandido y lecho fluidizado es difusa, si bien se considera expandido cuando la expansión del lecho es menor al 20% del total y fluidizado cuando es superior. La velocidad ascendente es la que determina el grado de expansión del lecho.

11.1. Reactores de lecho expandido

En este tipo de reactores, la formación de biomasa puede alcanzar los 30 kg/m3.

La cantidad de material de soporte añadido es alrededor del 10% de volumen del digestor y el diámetro de las partículas es de 0,3 a 3,0 mm.

La velocidad vertical necesaria es de 2 - 10 m/h y es generada por una elevada recirculación del efluente. La expansión del lecho es sostenida hasta un nivel en el que cada partícula mantienen una posición fija en el lecho.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 5 - 50.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 10 - 30.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0 - 5.
- Tiempo de retención hidráulico (h): 1 - 10.
- Tiempo de arranque (d): 30 - 70.

La mayor parte de las ventajas atribuibles a este sistema derivan de la elevada concentración de biomasa activa sobre las partículas de soporte y las elevadas tasas de recirculación, lo que hace al digestor menos sensible a componentes tóxicos del influente. De ahí el interés de su uso en el tratamiento de aguas residuales industriales de diversos tipos.

11.2. Reactores de lecho fluidizado

En este caso la elevada velocidad ascensional (6 - 20) m/h expande el lecho hasta un punto en el que la fuerza de gravedad y la fuerza de rozamiento se igualan. Para esto se necesita una elevadísima tasa de recirculación del influente y las partículas de soporte no tienen una posición fija dentro del lecho, si bien se mantienen dentro de un volumen restringido.

La cantidad de material de soporte añadido es alrededor del 10% de volumen del digestor y el diámetro de las partículas es de 0,2 a 0,7 mm. La enorme superficie activa que puede alcanzarse con el uso de partículas de pequeño diámetro y el grado de fluidización, que permite la colonización bacteriana en toda la superficie de la partícula (del 95 al 100% de la biomasa se encuentra adherida al ellas) aumenta enormemente la superficie disponible, que puede alcanzar de 1.000 a 2.500 m2/m3.

Los parámetro típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m3/d): 5 - 50.
- Concentración en el interior (g SSV/l): 10 - 40.
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0 - 5.
- Tiempo de retención hidráulico (h): 1 - 10.
- Tiempo de arranque (d): 30 - 70.

La mayor parte de las ventajas atribuibles a este sistema derivan de la elevada concentración de biomasa activa sobre diminutas partículas de soporte, las elevadas tasas de recirculación, el máximo contacto entre la biopelícula y el líquido a tratar, y la minimización de los problemas de la difusión.

12. REACTORES MULTIETAPA

Los sistemas multietapa han demostrado ser de extraordinaria aplicación en el tratamiento de determinadas aguas residuales industriales, ya que permiten variar los tiempos de retención en los distintos digestores, reducir el tiempo de arranque y las pérdidas de biomasa, así como aumentar la capacidad del tratamiento y los rendimientos.

Procesos en paralelo parecen ser útiles en aquellas aguas residuales con una fracción importante de residuos particulados, de tal manera que uno de los digestores puede reservarse únicamente al tratamiento de éstos, con tiempos de retención mayores que el digestor de las fracción soluble.

Filtro anaerobios y reactores de lecho fluidizado en serie han sido utilizados usando la primera etapa para la aclimatación inicial de los microorganismos y su posterior inoculación de la segunda etapa, disminuyendo así el tiempo de arranque del proceso.

Los sistemas multietapa en fase presenta una gran ventaja sobre las configuraciones anteriores: separan en digestores diferentes las bacterias acidogénicas de las metanogénicas, generando en cada digestor las condiciones óptimas de crecimiento para cada tipo de bacteria. Para que esta configuración funcione, las condiciones en el primer digestor tienen que ser lo suficientemente desfavorables para que las bacterias metanogénicas sólo se desarrollen en el segundo digestor.

13. COMPONENTES DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

13.1. Tuberías y válvulas

13.2. El digestor

Los tanques de digestión pueden tener forma cilíndrica, cúbica, ovoide o rectangular, aunque la mayor parte de los tanques que se construyen en la actualidad son cilíndricos. El suelo del tanque está inclinado, para que la arena, el material inorgánico sedimentable y la fracción pesada del efluente puedan ser extraídos del tanque. Los digestores modernos tienen cubiertas, fijas o flotantes, cuya misión es impedir que escapen olores, conservar la temperatura, evitar la entrada de oxígeno y recoger el gas producido.

Entrada del influente.

Normalmente, el influente se introduce por la parte superior del digestor y el sobrenadante se extrae por el lado contrario.

Salida del efluente.

En un digestor de cubierta fija puede haber de 3 a 5 tubos de sobrenadante colocados a distintos niveles, o un único tubo con válvulas a distintos niveles, para la extracción del mismo. Por regla general, se elige aquel nivel que extraiga un efluente de mejor calidad (con la menor cantidad posible de sólidos), para reenviarlo a cabecera de la E.D.A.R. o a las eras de secado, si hay espacio disponible.

Extracción de lodos.

Las tuberías de extracción de fangos suelen estar colocadas sobre bloques a lo largo del suelo inclinado del digestor. El fango se extrae por el centro del tanque. Estas tuberías tienen, por lo general, 15 cm de diámetro o van equipadas con válvulas tapón para evitar obstrucciones, y se utilizan para llevar periódicamente el fango del digestor a un sistema de evacuación de fangos. Estas tuberías transportan también fangos de reserva desde el digestor secundario al primario y recirculan el fango del fondo para remover y romper la costra.

13.3. Sistema de gas

El proceso de digestión anaerobia produce de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materia orgánica destruida, según las características del influente. El gas se compone fundamentalmente de metano y anhídrido carbónico. El contenido en metano del gas de un digestor que funcione adecuadamente variará del 65% al 70% en volumen, con una oscilación en el anhídrido carbónico del 30% al 35%. Uno o dos por ciento del gas del digestor se compone de otros gases.

Debido a la presencia de metano el gas del digestor posee un poder calorífico aproximado de 500 a 600 kilocalorías por litro.

El gas del digestor puede ser utilizado en la estación depuradora de diversos modos:

- Para calentar los digestores.
- En la calefacción de los edificios.
- Como combustible de los motores para las soplantes del proceso de fangos activados.
- Para producir la energía eléctrica de la instalación.

El gas del digestor puede ser extremadamente peligroso en dos aspectos. La mezcla de gas y aire en proporciones comprendidas entre el 5,5 y el 13,5% es explosiva y puede también causar asfixias por agotamiento de oxígeno. Por lo tanto, en las instalaciones de bombeo de fangos y cerca de los digestores estará prohibido encender fuego, fumar o provocar chispas.

El sistema de gas lo traslada desde el digestor hasta los puntos de consumo o al quemador de gases en exceso. El sistema de gas se compone de las siguientes partes:

- Cúpula de gas.
- Válvulas de seguridad y rompedora de vacío.
- Apagallamas.
- Válvulas térmicas.
- Separadores de sedimentos.
- Purgadores de condensado.
- Medidores de gas.
- Manómetros.
- Reguladores de presión.
- Almacenamiento del gas.
- Quemador de los gases sobrantes.

Cúpula de gas.

Es un punto en el techo del digestor desde el cual se extrae el gas del tanque. En los tanques de cubierta fija puede haber también un cierre de agua incorporado, para proteger la estructura del tanque del exceso de presión positiva o negativa (vacío) creada por la extracción del fango o del gas demasiado rápidamente.

Si la presión de gas sube por encima de los 30 cm de columna de agua, se escapará a través del cierre de agua hacia la atmósfera, sin levantar la cubierta. Si se extrae el fango o se utiliza el gas con demasiada rapidez, el vacío puede pasar de los 20 cm y romper el cierre de agua, permitiendo la entrada del aire en el tanque. Sin el cierre de agua el vacío aumentaría enormemente y destrozaría el tanque.

La tubería entre el tanque de almacenaje de gas y el digestor puede también proteger a éste de las pérdidas del cierre de agua, si el paso no está cortado. Cuando se introducen líquidos en el digestor, el gas puede salir por la tubería hacia el tanque de almacenaje y cuando se extraen del digestor, el gas puede volver al tanque a través de la misma conducción.

Válvulas de seguridad y rompedora de vacío.

La válvula de seguridad y la rompedora de vacío van colocadas sobre la misma tubería, pero cada una trabaja independientemente.

La válvula de seguridad consta de un plato cargado con arandelas de peso calibrado. La combinación de estos pesos junto con el peso del plato debe igualar la presión de gas de proyecto del tanque (normalmente entre 15 y 20 cm de columna de agua). Si la presión de gas en el tanque excede de este límite, la válvula se abrirá y dejará escapar gas durante un par de minutos. Ello debe ocurrir antes de que se rompa el cierre de agua. El cierre de agua se puede romper cuando la alimentación del tanque sea excesiva o cuando la extracción del gas sea demasiado lenta.

La válvula rompedora de vacío funciona de manera idéntica, excepto en que alivia las presiones negativas para evitar el colapso del tanque.

Apagallamas.

El apagallamas típico es una caja rectangular que contiene aproximadamente de 50 a 100 placas de aluminio corrugado con agujeros taladrados. Si se ocasionara alguna llama en la tubería del gas, se enfriaría por debajo del punto de ignicción al pasar a través de los deflectores, pero el gas podría seguir pasando con poca pérdida de carga.

Para evitar explosiones deben de instalarse apagallamas:

- Entre las válvulas de seguridad y rompedora de vacío y en la cúpula del digestor.
- Después del purgador de sedimentos, en la tubería de gas del digestor.
- En el quemador de gases en el exceso.
- Delante de cada caldera, horno o llama.

Válvulas térmicas.

Se trata de otro dispositivo de protección instalado cerca de una fuente de llama y cerca de la cúpula de gas. Este tipo de válvulas son redondas, con un plato de cierre unido al accionamiento, por un muelle vástago. El vástago apoya sobre un disco fusible que mantiene el plato unido. Si la llama genera el calor suficiente, el elemento fusible se funde y el muelle acciona el vástago hasta que el plato asienta, para cortar el paso del gas.

Separadores de sedimentos.

Un separador de sedimentos es un recipiente de 30 a 40 cm de diámetro y 60 a 90 cm de longitud. Está situado, generalmente, en la parte superior del digestor, cerca de la cúpula de gas, y está equipado también con un deflector interior perforado, y un drenaje de condensados cerca del fondo. El gas entra por la parte superior de un lateral del tanque, desciende, atraviesa el deflector, vuelve a subir y sale por la parte superior. La humedad del gas y todos los trozos grandes de incrustaciones quedan retenidos aquí antes de entrar en el sistema de gas.

Purgadores de condensado.

El gas del digestor está bastante húmedo, y en su recorrido desde el tanque caliente hasta zonas de temperatura más bajas el agua se condensa. Este agua debe recorrerse en los puntos bajos del sistema, ya que de lo contrario impedirá que el gas circule, causará daño en algunos equipos como los compresores, e interferirá en la posterior utilización del gas. Estos purgadores disponen generalmente de una capacidad de un cuarto o medio litro de agua.

Medidores de gas.

Los medidores de gas pueden ser de diversos tipos, como fuelles, diagramas de flujo en paralelo, molinetes y placas de orificios o presión de diferencial.

Manómetros.

Los manómetros se instalan en varios puntos del sistema para indicar la presión del gas en centímetros de columna de agua.

Reguladores de presión.

Se instalan, generalmente, antes y después del quemador de gases en exceso. Estos reguladores suelen ser del tipo diafragma y controlan la presión en todo el sistema de gas del digestor. Están normalmente tarados a 20 cm de columna de agua, ajustando la tensión del muelle sobre el diafragma. Si la presión de gas en el sistema es inferior a 20 cm de columna de agua, no llegará gas al quemador. Cuando la presión del gas alcance los 20 de columna de agua, el regulador se abre ligeramente, dejando que el gas pase al quemador. Si la presión continua aumentando, el regulador se abre aún más para compensar.

Los reguladores de gas están también situados en otros puntos del sistema, para regular la presión de gas en las calderas, calentadores y motores.

Almacenamiento del gas.

El gas producido en la digestión anaerobia se almacena en gasómetros, bien a presión bien de cubierta flotante.

- Gasómetros a presión. El gas que se produce en el digestor es enviado por medio de compresores a depósitos donde queda almacenado a presión. Posteriormente, es extraido de estos depósitos y enviado a las instalaciones de reutilización o de quemado. La presión de almacenamiento es, aproximadamente, de 3,4 atmósferas, lo que permite disminuir el volumen de gas a una tercera parte de lo que ocupa en el digestor.
- Gasómetros de cubierta flotante. Almacenan el gas variando su altura. En estos gasómetros los gases se mantienen a una presión baja aproximada de 200 mm de columna de agua. Consisten en una campana flotante, similar a la cubierta flotante de un digestor primario. Una serie de ruedas permiten que la cubierta pueda deslizarse libremente hacia arriba o hacia abajo, según la cantidad de gas almacenado. Estas ruedas deslizan sobre unos perfiles de acero que actúan como guías de la campana.

Quemador de los gases sobrantes.

El quemador de gases se utiliza para eliminar los gases en exceso del sistema de digestión. Va provisto de una llama piloto de quemado continuo, para que cualquier exceso de gas que pase por el regulador se queme.

13.4. Muestreador

El muestreador consiste en una tubería de 8 ó 10 cm de diámetro con una tapa de cierre con bisagras que penetra en el tanque de digestión, a través de la zona de gas, y que está siempre sumergida unos 30 cm en el fango del digestor. Esto permite la toma de muestras del fango del digestor, sin pérdida de presión de gas, y sin crear condiciones peligrosas causadas por la mezcla de aire y gas del digestor.

13.5. Sistema de calentamiento del digestor

Un digestor puede funcionar a cualquier temperatura, sin embargo, el tiempo que tarda en completar la digestión es variable y está en relación con ella. A medida que aumenta la temperatura, disminuye el tiempo necesario para que se produzca la estabilización del fango. En general, los digestores modernos funcionan en un rango de temperaturas medias, entre 35 y 37ºC.

Los digestores se pueden calentar de diversos modos, aunque las instalaciones actuales están dotadas, en general, de digestores que se calientan por medio de la recirculación de fangos del digestor a través de un intercambiador exterior de agua caliente. El gas del digestor se usa como combustible en la caldera, cuya temperatura óptima de operación es de 60 a 80ºC. El agua caliente se bombea desde la caldera al intercambiador de calor, donde cede su calor al fango recirculante. En algunos equipos la caldera y el intercambiador de calor están combinados y el fango pasa también a través del equipo.

13.6. Mezclado del digestor

El mezclado es muy importante en un digestor. Un buen equipo mezclador acelera en gran manera la digestión, porque consigue los siguientes objetivos:

- Inoculación (introducción de un cultivo biológico) inmediata del influente con microorganismos.
- Prevención de la formación de costras.
- Mantenimiento de la homogeneidad del contenido del tanque, es decir, distribución de alimentos, organismos, alcalinidad, calor y productos bacterianos de desecho.
- Utilización máxima del contenido total del digestor y disminución de sólidos inertes en el fondo.

En los tanques de digestión la agitación o mezcla puede conseguirse bien por recirculación de gas bien por sistemas mecánicos girando a baja velocidad.

Mezclado por gas.

Este tipo de mezclado es el que se utiliza generalmente en la actualidad. El propio gas extraído del tanque es comprimido y descargado dentro del digestor a través de unos orificios situados varios metros bajo la superficie del fango. El gas, que sube a la superficie a través del fango en digestión, lleva fango con él, creando una recirculación rotativa dentro del tanque.

Los componentes necesarios para el mezclado por gas son tuberías de entrada y descarga de gas, un compresor, y un distribuidor de acero inoxidable dentro del digestor.

Mezclado mecánico.

Este tipo de mezclado es menos utilizado ya que, en general, presenta problemas de corrosiones y de formación de costras. Además, los consumos energéticos pueden ser elevados en el caso de digestores grandes.

Desinfección de las aguas residuales

DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

1. INTRODUCCIÓN

El progreso en el control de las enfermedades ha sido posible cuando se comprendió su causa.

Las bacterias fueron descubiertas en 1680. Alrededor de 1880, algunas investigaciones demostraron que las denominadas **patógenas** eran la causa de determinadas enfermedades, comprobándose que muy pequeñas cantidades de determinados productos químicos eran capaces de eliminarlas. De entre éstos, el cloro y sus compuestos se mostraron tan económicos y eficaces que la historia de la desinfección del agua es, esencialmente, la historia de la cloración.

La cloración del agua puede regularse para obtener varios grados de acción:

- Bacteriostática: Inhibe el crecimiento, sin causar la muerte del organismo, como resultado de productos de reacción del cloro, las **cloraminas**
- Desinfectante: Destruye los microorganismos que causan infección o enfermedad
- Esterilizante: Cuando, infrecuentemente, el cloro se aplica en tales cantidades que destruye **todos** los microorganismos

2. IMPORTANCIA DE LA DESINFECCIÓN

Se define como el proceso de destruir microorganismos patógenos mediante procesos físicos y químicos.

Sus objetivos son: prevenir la extensión de la enfermedad y proteger los abastecimientos de agua potable, playas, zonas recreativas y viveros.

3. TIPOS DE MICROORGANISMOS A ELIMINAR

Tres principales tipos de microorganismos deben preocuparnos: Bacterias, virus y protozoos.

Las bacterias patógenas ligadas al agua son clasificadas como entero-bacterias

ENTERO-BACTERIAS
Echerichia Coli u otros Coliformes (algunas diarreas) Salmonella typhosa (fiebre tifoidea) Vibrio Cholerae (cólera) Salmonella sp. (paratíficas, diarreas) Shigella sp. (disentería bacilar)
VIRUS
Poliomelitis Hepatitis infecciosa Echovirus Coxsackie virus Adeno virus
PROTOZOOS Y OTROS
Endamoeba histolytica (disentería amebiana) Microbacterium tuberculosis Schistosoma sp. Leptospira icterohemosh Leishmania so. Huevos de gusanos

4.CONSIDERACIONES ACERCA DEL INDICADOR BACTERIANO

El principal parámetro para probar la eficacia de la desinfección es la resistencia del organismo indicador.

Para que un grupo de microorganismos sea indicador ideal, debe ocurrir que:

- Debe estar presente en la muestra siempre que lo estén los patógenos, en mayor número y ser más resistentes que aquellos al agente desinfectante.
- Debe estar aleatoriamente distribuido y poderse enumerar mediante un procedimiento simple, rápido y no ambiguo.
- Su crecimiento no debe estar inhibido por la presencia de otros organismos, y su número en el medio acuático no deberá aumentar después de la desinfección.
- No deberá ser patógeno para el hombre.

En opinión de muchos investigadores, el grupo de los coliformes, que es el más utilizado, no da el suficiente margen de seguridad.

La relación entre los coliformes fecales (CF) y los estreptococos fecales (EF) de una muestra, puede usarse para demostrar si la contaminación sospechada procede de residuos humanos o animales, ya que:

- para animales domésticos CF/EF < 1
- para seres humanos CF/EF > 4

5. MÉTODOS DISPONIBLES DE DESINFECCIÓN

- Agentes químicos
- Agentes físicos
- Medios mecánicos
- Radiación

5.1 . Agentes químicos

Entre los agentes químicos que pueden utilizarse, están:

- El cloro y sus compuestos
- El bromo y el cloruro de bromo
- El iodo
- El ozono

5.2 . AGENTES FÍSICOS

i) **El calor**: No es un medio factible, debido a su elevado coste de aplicación a grandes cantidades de A.R.. En cambio se emplea para la pasteurización del fango.

ii) **La Luz solar**: La luz solar es un buen desinfectante, pudiéndose utilizar, en especial, la radiación ultravioleta.

iii) **La radiación UV**: Tienen un efecto esterilizante. Se producen con lámparas especiales de vapor de mercurio. Tienen muy poca penetración y, en el caso de las A.R., la acción letal sólo puede ejercerse a través de unos pocos milímetros, debido a los Sólidos en Suspensión (SS) y turbidez. Su uso estaba limitado para aguas de la más alta calidad, tanto potables como efluentes residuales terciarios, aunque desde los años 80 se ha ampliado su campo de acción a los efluentes secundarios de EDARs.

5.3 . Medios mecánicos

Las bacterias pueden también eliminarse por medios mecánicos, durante el tratamientos del A.R.

5.4 . Radiación

Dentro de la radiación electromagnética se han utilizado, por su poder de penetración, los rayos gamma para desinfectar (esterilizar) las A.R.

Tienen gran poder de penetración y pueden ocasionar efectos beneficiosos adicionales en tratamientos terciarios, por alterar las moléculas orgánicas e inorgánicas. La fuente idónea es el Cobalto-60. Debido al alto coste de la energía de radiación, no es competitivo como proceso de desinfección de A.R.

Se han conseguido 5-6 órdenes de inactivación con 5 min. de tiempo de exposición.

- Ventajas: Confianza, efectos colaterales beneficiosos, sin efectos residuales
- Inconvenientes: Seguridad, coste excesivo, falta de experiencia

5.5 . Costes comparativos

El método que predomine será aquel que:

- Realice bien el trabajo

- Tenga los mínimos riesgos para la salud y seguridad
- Sea fácil de aplicar, medir y controlar
- Los equipos sean fáciles de operar

De acuerdo con estos aspectos, la cloración parece que será por algún tiempo, el método más popular para la desinfección de las A.R.

6. CINÉTICA DE LA ACCIÓN GERMICIDA

Los microorganismos patógenos encontrados en el agua tienden a presentarse como **organismos individuales**. Por tanto, los principios aplicables a la desinfección del agua son los que se refieren a la desvitalización de **células individuales**.

Los **agentes oxidantes** inhiben la actividad enzimática o destruyen la pared de las células; **el calor y la radiación** alteran la Naturaleza coloidal del protoplasma y l**os rayos UV** producen alteraciones en el ADN, evitando su multiplicación

6.1 . Modos de la acción germicida

La acción germicida es una acción definida entre un número pequeño de partículas del producto utilizado y un centro vital considerado como una unidad molecular. Puede, por tanto, ser tratada como un proceso dinámico, dependiente del tiempo, con una reacción química. Según esto, el grado de eliminación de microorganismos dependerá de:

- La naturaleza del organismo a desvitalizar
- La naturaleza del producto letal
- La concentración o intensidad del producto
- El tiempo de contacto
- La temperatura
- La naturaleza del medio
- El pH y otros

6.2 . Ley de CHICK

Fue la primera descripción matemática válida de la velocidad de la acción germicida (1908). Viene dada por la ecuación:

$dN/dt = -Kc\ C\ N$

dN/dt = Velocidad de eliminación: variación del número de organismos viables, N, con el tiempo

Kc = Factor de proporcionalidad que varía con la concentración del desinfectante, la temperatura y otros factores, siendo independiente del número de microorganismos y del tiempo.

C = Dosis del desinfectante

N = Concentración de microorganismos

La ley tiene la forma de una reacción química de primer orden:

siendo:

N_o = Concentración inicial

N_t = concentración de microorganismos supervivientes al cabo del tiempo t

A menudo conviene expresar la eficacia de la acción germicida en función del tiempo necesario para matar o desvitalizar una determinada fracción del número inicial de microorganismos.

Por ejemplo:

t_{50} (vida media), tiempo para eliminar el 50%

análogamente:

El porcentaje de la muerte viene dado por el número de nueves igual al número de unidades t_{90} y la fracción de supervivientes por 10^($^{-t}/t_{90}$). Así, si el tiempo de reacción es $6*t_{90}$, se tendría:

% eliminados: 99,9999%

% supervivientes: 10^{-6}

Según esta ley no podría haber una destrucción completa de microorganismos en un tiempo finito, independientemente del valor de Kc. Esto no plantea problemas ya que la sensibilidad de los métodos de laboratorio impide discriminar entre cero (0) y una pequeña fracción. La ambigüedad de una completa destrucción mediante la desinfección está explícitamente reconocida en el ensayo de coliformes (N.M.P.)

6.3 . Validez de la ley de CHICK

Se han de cumplir dos aspectos de la ecuación, uno ligado con la forma diferencial y otro con la integrada.

- La primera condición que debe cumplirse experimentalmente es que: la pendiente inicial de la representación gráfica de log N en función del tiempo debería ser independiente de la concentración inicial de microorganismos Este aspecto es generalmente válido
- La otra comprobación principal se refiere al desarrollo a lo largo del tiempo

La representación de los datos experimentales debería ser una recta. Sin embargo en el caso de productos químicos desinfectantes, especialmente en los fuertemente oxidantes (ozono y cloro), existen desviaciones a sensibles de la linealidad teórica.

Sin embargo, aunque el proceso de desinfección, en ciertos casos, no sigue la Ley de Chick, es posible utilizarla con el objeto de establecer parámetros útiles acerca de la eficacia de los germicidas.

6.4 Efectos a considerar

a) **Concentración del desinfectante**

(FALTA ECUACIÓN)

siendo

alfa = constante para cada gemicida

c = concentración

n = Coeficiente de dilución

si n > 1, La eficacia depende principalmente de la concentración

si n < 1, la eficacia depende principalmente del tiempo de contacto

generalmente, n = 0.8 - 1.2

b) **Efecto de la Temperatura**

(FALTA ECUACIÓN

siendo

A = Constante independiente de la temperatura

E = Energía de activación (cal ó Kcal)

T = Temperatura en K

R = Constante de los gases (cal ó Kcal)

c) **Efecto del pH**

Existen tres razones fundamentales para los efectos observados del pH:

i) Efectos letales de las reacciones ácidas y básicas:

pH < 4 letal para enterobacterias

pH > 10 letal para enterobacterias y virus

ii) Cambios físico-químicos en la forma o composición del desinfectante añadido.

iii) Cambios en el carácter del organismo, que lo hacen más sensible o resistente al agente desinfectante añadido

7. AGENTES MAS UTILIZADOS EN DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

7.1 . Cloración

a) **Cloro gas**

· **Características físicas del cloro**

- El Cloro se encuentra en la Naturaleza únicamente en combinación, principalmente con NaCl.
- Es un gas amarillo-verdoso, fácilmente compresible a líquido ámbar
- A 1 Atm, solidifica a -65.6 ºC y cristaliza como hidrato $Cl_2 \cdot H_2O$ por debajo de 9.6 ºC
- Es 2½ veces más pesado que el aire, en estado gaseoso y 1½ veces más que el agua, en estado líquido
- Siempre que no esté comprimido se vaporiza a gas

(1 Vol. líquido 450 Vol.gas ; 1 Kg 0.31 m^3)

- En un contenedor está completamente líquido a 67 ºC
- Es sólo ligeramente soluble en agua, con un máximo a 1 Atm. De 1% a 9.6 ºC. A 100 ºC y 1 atm. es insoluble

· Química del cloro

Para todas las condiciones normales de cloración de un agua, la hidrólisis del cloro es **esencialmente completa** con generalmente menos de una parte de cloro activo por cada 10^4 como ClOH.

El cloro como tal, al disolverlo en agua, tiene muy poco tiempo para reaccionar antes de que se hidrolice.

En solución ácida, la ionización es muy pequeña pero a ph = 7.5 y 29 ºC la ClOH ClO^- y a pH = 9.5 hay 98 iones ClO^- por cada molécula de ClOH

Se llama **Cloro Libre Total** a la suma

T = [ClOH] + [ClO^-]

La eficacia germicida del cloro depende principalmente del ClOH presente. A 20 ºC se puede esperar que la eficacia de una concentración determinada de cloro libre sea la mitad a pH 7.5 que a pH 6

Se necesitan 5.5 veces más de cloro libre total a pH 8.5 que a pH 7.5 (10/1.98), para dar el mismo grado de actividad germicida, a 20 ºC.

- Componentes del A.R. que afectan a la cloración:
- Materias Inorgánicas reductoras (SH_2, SO_3^{2-}, NO_2^-, Fe^{2+}, Mn^{2+}). Son agentes reductores solubles que consumen oxígeno, pudiendo estar asociados a condiciones sépticas. Estos compuestos consumen el cloro de las soluciones de ácido hipocloroso. Estas reacciones son inmediatas y el Cloro libre disponible sólo permanecerá fracciones de segundo en el agua, reduciéndose el ClOH a ión Cl^-, estable y no bactericida. Esta demanda inmediata de cloro, proporcional a la cantidad de sustancias reductoras presentes, oscila entre 5 (A.R.fresca)-100mg/l (A.R.séptica)
- Reacciones con amoníaco y aminas: Las A.R. contienen cantidades apreciables de N amoniacal, coexistiendo el NH3 disuelto con su ión. La principal fuente de NH3 es la UREA. El ClOH y el NH3, al reaccionar forman las cloraminas. El grado en que se forman depende del pH, Tª, tiempo y cantidad de reactivos. En general, pH bajos y relaciones Cl2/NH3 altas favorecen la formación de dicloroaminas, mucho más eficaz como germicida que la monocloroamina.

Se llama **Cloro Combinado disponible** al que está en combinación con el NH3 ó compuestos orgánicos del N

- Reacciones con bacterias y otros organismos:

El objetivo principal de la cloración es la desinfección, siendo todavía aceptado el NMP de coliformes como índice de su eficacia. El grado de destrucción de coliformes requerido, y la dosis de cloro, están influidos por las características del cauce receptor y el uso posterior.

- Resistencia de los microorganismos a la cloración.

La cloración **no destruye** completamente los bacilos de la tuberculosis o huevos de gusanos, siendo aconsejable otros medios (coagulación + filtración).

En cuanto a los virus, su inactivación depende de:

- La cantidad y tipo de cloro residual (libre o combinando)
- Temperatura, pH, y tiempo de contacto.
- Número y tipo de virus presentes.
- Presencia de sustancias protectoras.

El número de virus en el efluente, antes de la cloración depende del número inicial y tipo de tratamiento del A.R.

En cuanto a la inactivación, con Cloro libre es más rápida que con Cloro combinado

- Factores que afectan a la desinfección con cloro:
- El ácido hipocloroso, al contrario que el ClO^- es un desinfectante estraordinariamente potente. Ambas formas están en equilibrio, dependiente del pH, con concentración iguales a pH 7.5 y 25 ºC. Por tanto, al añadir una solución acuosa de cloro al A.R., la forma dominante a pH= 6.5-7.5 sería ClOH. Pero al ser extremadamente activo, reacciona inmediatamente para producir formas combinadas de cloro, no persistiendo en el A.R. salvo que se practique el "break-point"
- Prácticamente todos los efluentes de A.R. contienen NH3 por lo que el grueso del Cloro añadido se convertirá en monocloroamina o productos de adición, de menor porder germicida
- En adición, el ClOH se combina con aminoácidos, materias proteínicas y materia orgánica, dando lugar a compuestos de bajo poder desinfectante
- Reacciona con iones sulfito, sulfuro, nitritos, ferrosos y manganosos, produciendo compuestos sin actividad germicida

Consideraciones prácticas:

La dosis de cloro necesaria variará con la calidad del efluente a tratar. La dosis seleccionada C (mg/l), en combinación con el tiempo de contacto, t, dará la reducción de coliformes deseada, según

$N/No = (1 + 0.23*C*t)^{-3}$

Se aportan datos orientativos de diseño, para A.R. domésticas con sólo 1-2% de aguas industriales:

- Efluente primario 18-25 mg/l Cl_2
- Efluente 2º: Lechos bacterianos 15
- Fangos activados 6-12
- Efluente 2º + lagunas: 6
- Efluente 3º (sin nitrificación): 4-5

Suministro y manejo:

- Botellas: 50 y 100 Kg de Cl2
- Contenedores: 500 y 1000 Kg de Cl2
- Cisternas, para carga de depósitos fijos

La capacidad de vaporización del cloro de los recipientes, llenados al 83-85% con Cloro líquido, oscila entre el 1-1.5% de su capacidad en Kg/h, lo que obligará, según necesidades, a conectar varios en paralelo. Por ej. para consumos del orden de 700 Kg/d, debe haber:

- 4 contenedores de 1000 Kg en servicio
- 4 de reserva
- espacio para nuevo suministro.

Para cantidades mayores, es lógico cambiar a extracción de Cloro líquido, lo que requiere el uso de evaporadores. Los recipientes deben estar a una temperatura menor o igual a la temperatura de la instalación.

Para mantener el suministro continuo de Cloro, es fundamental y deseable:

- Una adecuada reserva de Cloro
- Disponer de básculas para los contenedores
- Un sistema de interconexión apropiado
- Un intercambiador automático

Control de la cloración

- Manual: impracticable por la irregular demanda de Cloro del A.R. junto con las variaciones de caudal durante el día
- Semiautomática: Iniciándose o desactivándose la inyección de la solución acuosa mediante controles eléctricos o hidráulicos
- Automática: Siendo el caudal de la solución clorada proporcional al caudal de agua a tratar.

Para poder mantener una concentración de Cloro residual constante, con una demanda variable, es imprescindible el **control combinado** en función del caudal de A.R. a tratar y del Cloro residual en el Agua tratada. Dado que es imperativo que el suministro de Cloro se controlado, en proporción al caudal, la capacidad del clorador está unívocamente ligada a la del **medidor de caudal**.

El método más eficaz de control de la cloración es el sistema de **Lazo compuesto**, por el que se envían dos señales independientes y separadas al clorador.

Materiales:

El cloro líquido deba almacenarse siempre en recipientes de acero al carbono y ser conducido por tuberías, sin soldaduras, de este material. El Cloro líquido se inflama espontáneamente y mantiene la combustión con el acero al carbono a 250 ºC. Ataca y disuelve al PVC a temperatura ambiente, por lo que éste no debe utilizarse en el sistema de cloro líquido o donde puedan existir las dos fases, ni tampoco cuando el cloro gas esté a una presión superior a la atmosférica, ya que este material acaba haciéndose poroso.

Al llegar el Cloro al eyector del clorador y entrar en contacto con el agua, forma ClOH y HCl, dando una solución de bajo pH, altamente corrosiva, por lo que, a partir de aquél, las tuberías y difusores deben ser de PVC o acero ebonitado.

El objetivo principal de la cámara de contacto es el suministrar el tiempo de detención necesario para que los compuestos de cloro reduzcan las bacterias a niveles aceptables. El tiempo de contacto no debe rebajar de los 15 min., bajo ninguna circunstancia.

La relación Longitud / anchura debe ser mayor de 10 y siendo mayor de 40 se obtendrá una distribución de tiempos de contacto cercanos a los de flujo pistón.

' **Dados los peligros que entraña al Cloro para la salud humana, es imprescindible detectar fugas y neutralizarlas.** '

La O.M. 1/3/84 (BOE 9/3/84) es de obligado cumplimiento en todo lo referente al almacenamiento de Cloro.

7.2 . Hipoclorito sódico

Al disolver un hipoclorito en agua se ioniza:

Los iones suministrados reaccionan con los hidrogeniones del agua dando una solución acuosa cuya concentración respecto al ClOH es exactamente la misma, para pH y temperatura dados, si se utiliza Cloro gas ó hipoclorito

La única diferencia es que la hidrólisis del Cloro gas da H^+, bajando el pH, mientras que los hipocloritos consumen H^+ y suben el pH. Con pocos mg/l, el efecto en el pH es tan pequeño que ambos exhiben la misma actividad germicida. A mayores dosis (>10 mg/l), la producción y absorción de H^+ será lo suficientemente grande como para encontrar una diferencia medible en el pH de las soluciones finales, y la actividad germicida será la misma únicamente si se añade ácido o base para igualar los pH de la solución.

El peligro potencial del almacenamiento, uso y transporte de grandes cantidades de Cloro líquido,, ha resultado en la consideración del hipoclorito como forma alternativa del Cloro.

El cloro gas es claramente la alternativa para grandes instalaciones, Los hipocloritos son más caros, pierden su contenido en cloro disponible durante su almacenamiento y pueden ser difíciles de manejar.

El hipoclorito sódico es, de todos los posibles, el aconsejado. El equipo para solución acuosa de hipoclorito cálcico sería apropiado para dosificar una solución de hipoclorito sódico y, con éste, no hay problemas de formación de fangos

Propiedades:

- El hipoclorito sódico es sensible a la luz, debiendo almacenarse en zonas secas, frescas y oscuras
- Se recomienda el uso de hipoclorito con el 10-15% de Cloro disponible
- Es fuertemente alcalino y debe tenerse cuidado al manejarlo.
- La solución acuosa es extremadamente corrosiva
- Dosificación y control

El control puede hacerse proporcional al caudal, enviando la señal del medidor de caudal, bien a una válvula reguladora, si se utiliza en eductor o bomba centrífuga, o bien al posicionador de la bomba membrana. También se puede combinar la señal del medidor de caudal con la del analizador, mediante un sumador. El control de lazo compuesto, utilizando las dos señales independientemente, sólo es posible con bombas de membrana que pueden recibir señales para el rectificador del motor y para el posicionador.

8. OZONIZACIÓN

· Propiedades:

- Es un gas azul pálido de **olor** característico
- Es tóxico y corrosivo
- Es uno de los agentes oxidantes más fuertes que existen
- La solubilidad en agua es sólo de 570 mg/l (12 veces menos que el Cl)

· Química:

El Ozono se forma por disociación del Oxígeno en oxígeno atómico. Dado que la disociación del Oxígeno implica la rotura del enlace fuerte O-O, se requiere una gran cantidad de energía.

La tercera reacción limita la concentración de Ozono que puede producirse económicamente, mediante el sistema convencional, al 1% en peso cuando se utiliza aire y, al 2% cuando se utiliza Oxígeno.

· Consideraciones de diseño:

- La eficacia del O_3 como desinfectante es relativamente independiente del pH y temperatura, aunque parece que el rango más favorable está entre 6-7.
- La vida media del O_3 es sólo 20 min. por lo que es necesario suministrarlo escalonadamente para conseguir el tiempo de contacto necesario para la desinfección
- Para A.R. es necesario como mínimo una dosis de 5-8 mg/l (NMP= 100/100ml). La dosis puede determinarse empíricamente:

O_3 (mg/l) = 1.5 + 0.38*TSS

Donde TSS son los SS del efluente secundario y el tiempo de contacto es de 10 min.

· Sistemas de desinfección:

(FALTA FIGURA ESQUEMA)

- Sistema de alimentación con O_2: Es el más simple y económico, y el de mayores aplicaciones comerciales. El esquema del proceso es G-D-E-F, pudiendo el O_2 resultante del destructor de ozono ser utilizado para alimentar una planta de Fangos Activados.

El consumo energético es del orden de 7.5-8 Kwh/Kg O_3

- Sistema con recirculación de O_2: G-D-E-F-A-B-C. El gas, rico en Oxígeno, es recirculado al compresor A y refrigerador B,para su desecación y limpieza, antes de volver al generador de ozono. A intervalos, el gas es recirculado es purgado (CO_2 y N_2) y se añade O_2 para mantener la concentración en el mismo.
- Sistema de alimentación con aire: A-B-C-D-E-F. Este sistema descarga a la atmósfera. Su elección es puramente económica (Coste de E, eficiencia del generador de ozono, costes de suministro de aire y oxígeno y, tamaño de la instalación). El consumo energético es del orden de 15-16 Kwh/Kg O_3

Este sistema puede ser el indicado para capacidades de ozonización de hasta 450 Kg O_3/d. Junto con el anterior, es el mejor para el sistema de fangos Activados.

La **Mezcla** supone el transferir un máximo de ozono de la fase gas a la líquida. Es fundamental el producir burbujas finas, la máxima turbulencia y elevada diferencia de concentración de ozono (gradiente) entre ambas fases. Los mejores rendimientos obtenidos se acercan al 90%. En la se muestra el esquema de una cámara de contacto con difusores de burbuja fina.

9. RAYOS ULTRAVIOLETAS

9.1 . Propiedades

El rango de radiaciones UV, y de las correspondientes ondas electromagnéticas, puede subdividirse, de acuerdo con sus efectos biológicos,) siendo la comprendida en el rango de corta longitud (UV-C), entre 200-280 nm, la que tiene efecto germicida.

La razón de este efecto es que los r-UV originan cambios químicos en el ADN de los microorganismos La radiación o dosis, D, se calcula multiplicando la Intensidad de la Radiación por el Tiempo de Exposición

$D = I * 10t$ (microWs/cm^2)

Existe una relación exponencial entre la dosis y el número de microorganismos no inactivados N, del tipo

$N = No * e^{-kD}$ (Ley de Chick)

Donde No es el número inicial de microorganismos.

Esto implica que

- La inactivación del número de microorganismos depende, únicamente de la dosis, pudiéndose compensar un menor tiempo de exposición con una mayor irradiación
- La dosis necesaria para conseguir inactivaciones del 99; 99.9 y 99.99% son, respectivamente: 2; 3 y 4 veces la dosis (D_{10}) para un 90% de inactivación ó un 10% de supervivencia

9.2 . Producción

Los rayos UV se generan mediante una descarga eléctrica en vapor metálico, siendo la lámpara de vapor de mercurio la más indicada ara la generación de la radiación germicida (UV-C), dado que la línea de resonancia del átomo de Hg a 254 nm es emitida con alta eficiencia.

Las lámparas pueden ser de Baja Presión, que emiten del orden del 92% de su radiación a 254nm, ó de Media Presión, que dan lugar a un espectro difuso típico

Aunque las de media P permiten mayor intensidad, y por tanto, mayor dosis para un caudal dado, simplificando la configuración del sistema, ésto se compensa por sus mayores costes y menor vida

9.3 . Utilización en desinfección de aguas residuales

Si bien el desarrollo de la lámpara de Hg data de 1901, los r-UV no se usaron en principio para desinfección debido a los altos costes de operación y problemas de mantenimiento que se presentaron. El desarrollo de fuentes más baratas y eficaces ha hecho que vaya aumentando su aplicación.

Dosis necesaria

Ensayos de laboratorio, bajo condiciones ideales, han determinado que, para el E.Coli, las dosis para un 90% (D10) y 99.9% de inactivación son 3mWs/cm2 y 9mWs/cm2, respectivamente.

En condiciones reales, hay factores que influyen en la dosis:

- Un fluido que no transmite la radiación de longitud de onda 253.7nm con la misma eficacia que el agua pura hará que disminuya la intensidad recibida por los microorganismos
- La intensidad de la radiación UV disminuye con el envejecimiento de la lámpara
- El ensuciamiento del tubo de cuarzo también disminuirá la intensidad de la radiación
- Si el caudal a desinfectar es mayor que el de diseño para el equipo, la dosis disminuirá, debido al menor tiempo de contacto

Recíprocamente, la dosis aumentará si el caudal a desinfectar es menor que el de diseño

Puede demostrarse que $D = 216 * 1/Q$ (m3/h)

Según esto, un A.R. poco tratada no es deseable, siendo aconsejable una transmisividad mínima de la radiación UV del 50% a través de un espesor de 1cm., lo que corresponde a un efluente con tratamiento secundario, para lo cual debe preverse un sistema de limpieza de las lámparas (por ej. con una solución al 10% de Ac. Cítrico), y es importante incluir un sistema de control del rendimiento de la desinfección en función de la transmisividad, el caudal de agua a desinfectar y el nivel de contaminación del tubo de cuarzo de protección de la lámpara, lo que se consigue mediante un equipo de detección de la intensidad de la radiación UV y un control automático de nivel en el canal de desinfección.

La dosis estimada para obtener una reducción de tres unidades logarítmicas (99.9%) en el número de coliformes fecales de un efluente es de 30 mWs/cm2.

Reactor

Cualquier reactor ó cámara de rayos UV debe estar diseñado para que funcione satisfactoriamente con la turbiedad del efluente a desinfectar y para evitar o minimizar, en lo posible, dos fenómenos que, en caso contrario, limitarían el rendimiento del sistema de desinfección: El cortocircuito y la fotorreactivación.

Turbidez:

La radiación UV penetra, a través del fluido, las paredes de las células de los microorganismos, siendo la energía efectiva únicamente la absorbida por ellos. Si hubiese sólo una partícula en el agua, podría evitarse que actuase de escudo protector sobre los microorganismos, diseñando la cámara de forma que aquella recibiese radiación desde todos los ángulos esféricos. Sin embargo, al haber normalmente muchas partículas, siempre hay un efecto protector de las mismas que puede minimizarse si el agua circula en la cámara en régimen turbulento.

Por tanto, en el diseño hay que considerar:

- El flujo debe ser turbulento
- El agua debe recibir los rayos Uv desde todas direcciones

Corto-circuito

Se denomina cortocircuito al paso de parte del agua por la cámara, sin haber recibido tratamiento, debido a las condiciones del flujo. Incluso un muy pequeño grado de corto-circuito puede ser extremadamente dañino, habiéndose confirmado mediante trazadores que basta que una parte por mil bypase la cámara, para que no pueda obtenerse un grado de desinfección mayor del 99.9% de reducción, tres unidades logarítmicas en lugar de seis u ocho que podrían obtenerse, dependiendo del A.R.tratada.

Foto-reactivación

La luz visible puede reparar el daño hecho las bacterias “tocadas”, que no tienen capacidad de reproducirse, pero no han sido matadas. Por tanto, la exposición a la luz inmediatamente después que a la radiación UV, dará lugar a la curación de aquéllas.

Para evitarlo, lo mejor es matar a los microorganismos para lo que se necesita una dosis real de, al menos, 30000 ìWs/cm2.

Las lámparas deben colocarse en la cámara de forma tal que no absorban energía de los adyacentes, ya que de lo contrario, podrían absorber hasta el 80% de la energía emitida, originándose la foto-reactivación.

Tipos de Reactores

Básicamente pueden considerarse dos tipos de reactores, según que las lámparas de rayos UV no estén en contacto con el fluido a desinfectar, por el contrario, estén introducidas en su seno.

En el primer caso, el fluido circula por el interior de un tubo de teflón o de cuarzo, estando las lámparas montadas alrededor del mismo, exteriormente Colocando, además, unos reflectores de forma adecuada, se consigue un campo de radiación muy intenso, más en el centro, de forma que el perfil de intensidad se adapte lo más posible al perfil del flujo del agua (flujo a desinfectar)

La principal ventaja es que las lámparas no se ensucian y no existen partes móviles, siendo únicamente necesario limpiar el tubo a intervalos que pueden llegar a 2 meses, para efluentes secundarios.

Sin embargo, para A.R. es más empleado el segundo tipo de reactor, que puede ser en conducción cerrada o en canal, si bien es este último el más utilizado, ya que permite un desarrollo modular para adaptarse a caudales y estructuras diferentes, pudiendo ser equipados con el número ideal de lámparas.

Dependiendo del tamaño del equipo completo, se montan varias lámparas en fila, formando un módulo. Los módulos se montan verticalmente en el canal, mediante consolas de apoyo, son variables en la dirección del flujo y pueden ser encendidas y apoyadas individualmente.

Con objeto de lograr una distribución de la dosis en el reactor lo más ideal posible, algunos fabricantes instalan lámparas planas, montadas de tal forma que el máximo de irradiación está en la dirección del flujo.

Reutilización de las aguas residuales

RIEGO AGRÍCOLA

1. INTRODUCCIÓN

Es el uso más extendido, además de que supone una etapa más en el tratamiento de aguas, ya que el suelo es un elemento de alta eficacia depuradora:

A medida que el agua se infiltra en el terreno, este actúa a modo de filtro y en su superficie, por la actividad bacteriana se produce la degradación biológica de la materia orgánica de la misma manera que un tratamiento secundario.

Las principales ventajas e inconvenientes de un agua residual frente a un agua no contaminada son:

- Agua residual: Aporta abundantes elementos nutritivos (es agua fertilizada), pero conlleva riesgos sanitarios con posible contaminación de acuíferos, siempre que no tomemos las medidas adecuadas.
- Agua no contaminada: No presenta problemas sanitarios, el riesgo de contaminación es nulo y su poder fertilizante es escaso.

Los efluentes utilizados para riego proceden de colectividades urbanas con mezclas de aguas domésticas y procedentes de industrias que han sufrido una depuración. Las aguas residuales brutas no suelen utilizarse para riego de especies de consumo, aunque sí para riego de especies arbóreas con finalidad de producción forestal.

2. DEFINICIÓN DE USO

Se entiende por uso agrícola, el uso de aguas para regar cultivos agrícolas destinados al consumo directo alimenticio humano y animal, y consumo indirecto industrial (alimentos procesados como conservas y azúcar y productos textiles de origen vegetal)

3. CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL AGUA DE RIEGO

Los parámetros de calidad, que a continuación se enumeran, son suficientes para evaluar la idoneidad de un agua de riego, así como para estimar la posibilidad de que el agua puede causar algún problema general tanto al suelo como a la planta. Los parámetros de calidad son: Tabla 1

Tabla 1

SALINIDAD

PARÁMETROS	UNIDADES	NINGUNO	MODERADO	SEVERO	TIPO DE RIEGO
Conductividad	µs/cm	700	3000	>3000	
Sodio	mg/l Na	70	>70		R.A.
S.A.R		3	9	>9	R.S
Cloruros	mg/l Cl	100	>100		R.A.
		140	350	>350	R.S
Bicarbonatos	mg/l CaCO3	90	500	>500	R.A.
Sulfatos	mg/l SO4	200	400	>400	
VARIOS					
pH		6.5-8.4	4.5-9	4.5-9>	
S.S.	mg/l	15	>15		R.A.
		20	120	>120	R.S
Cloro residual	mg/l Cl	1	5	>5	R.A.
MATERIA ORGÁNICA Y NUTRIENTES					
DBO	mg/l O2	15	>15		R.A.
		20	60	>60	R.S
DQO	mg/l O2	120	300	>300	
Nitrógeno total	mg/l N	5	30	>30	
TÓXICOS					
Boro	mg/l B	0.7	3	>3	
Aluminio	mg/l Al	5	20	>20	
Arsénico	mg/l As	0.1	2	>2	
Berilio	mg/l Be	0.1	0.5	>0.5	
Cadmio	mg/l Cd	0.01	0.05	>0.05	
Cobalto	mg/l Co	0.05	5	>5	
Cromo	mg/l Cr	0.1	1	>1	
Cobre	mg/l Cu	0.2	5	>5	
Fluoruros	mg/l	1	15	>15	
Hierro	mg/l Fe	5	20	>20	
Litio	mg/l Li	0.05	2.5	>2.5	
Manganeso	mg/l Mn	0.02	10	>10	
Molibdeno	mg/l Mo	0.01	0.05	>0.05	
Níquel	mg/l Ni	0.02	2	>2	
Plomo	mg/l Pb	5	10	>10	
Selenio	mg/l Se	0.02	0.02	>0.02	
Vanadio	mg/l V	0.01	1	>1	
Zinc	mg/l Zn	2	10	>10	

NINGUNO:- Agua de buena calidad para cualquier suelo y planta

Riego continuo en todo tipo de suelo.

MODERADO: Agua mediocre, para plantas tolerantes y suelo de textura fina. EI contenido en tóxicos potenciales obliga a riego discontinuo, uso del agua por un periodo hasta 20 años, en suelos neutros o alcalinos de textura fina.

SEVERO: Agua de mala calidad, sólo para plantas muy tolerantes y suelos de textura fina muy bien drenados. Riego discontinuo con muchas precauciones.

3.1 Características físicas

Las características físicas incluyen la totalidad de los sólidos en suspensión y las sustancias orgánicas disueltas. Pueden taponar los poros del suelo, revestir con esas sustancias la superficie del terreno y reducir la aireación y penetración del agua, así como obstruir el sistema de riego. Uno de los objetivos fundamentales de las depuradoras es la eliminación de los sólidos contenidos en el agua residual.

Si se aplica un segundo tratamiento, los elementos en suspensión presentan muy pocos problemas. Las materias orgánicas, con tal que no crean problemas de olores ni de aireación, pueden ser beneficiosos para el suelo.

3.2. Características químicas

Las características químicas de importancia para la agricultura de regadío pueden evaluarse mediante la Tabla 1, donde figuran, además, las concentraciones recomendadas para los oligoelementos. Aunque nosotros partimos de un agua que supuestamente no recibe altas cantidades de residuos industriales, se hará un estudio de los problemas que pueden plantearse con el uso excesivo de oligoelementos en agricultura:

Salinidad.

Sodicidad.

Toxicidad de microelementos y metales pesados.

Nitrógeno total.

pH.

Bicarbonato

3.2.1. Salinidad

Una de las características interesantes del agua de riego, es el contenido en sales que contiene.

En los sistemas convencionales de riego no toda el agua infiltrada en el suelo es consumida por evapotranspiración (EPT) sino que una fracción del agua rebasa la máxima profundidad de la zona radicular de las plantas. Esta fracción que drena produce un lavado de sales y disminuye el proceso de acumulación de sales en el espesor del suelo explorado por las raíces. Sin embargo, siempre que el balance entre las sales acumuladas en el suelo y las eliminadas por las aguas de drenaje sea positivo el suelo acabará salinizándose, haciéndose improductivo.

Las solubilidades de muchas de las sales contenidos en el agua de riego, tales como cloruros, sulfato de sodio, magnesio y potasio, cloruro cálcico, bicarbonatos de sodio y potasio son muy superiores a las cifras límites de tolerancia a la salinidad de la mayor parte de las plantas no halófilas. Las relativamente bajas solubilidades del carbonato cálcico, magnesio y del sulfato cálcico limita su acumulación en la solución del suelo a niveles inferiores a los perjudiciales para las plantas.

Las aguas de riego rara vez contiene suficiente cantidad de sales como para causar un daño inmediato a los cultivos. Cuando no se produce un lavado adecuado, las sales se disolverán en el agua del suelo hasta que se alcance una concentración tal que se exceda el producto de solubilidad de cada una de ellas. De forma general, en aquellos casos en que los valores de la fracción de lavado sean menores del 10%, la precipitación de las sales menos solubles puede ser importante. Los problemas de salinidad se darán más frecuentemente durante los periodos cálidos debido a la frecuencia de los riegos, y al mayor consumo de agua por parte de las plantas.

Cálculo de la salinidad

El efecto de la salinidad es fundamentalmente de naturaleza osmótica, originando una disminución del potencial total del agua en el suelo, y afecta por lo tanto negativamente al rendimiento de los cultivos.

El contenido de sales suele ser peligroso cuando pasa por encima de 100 mg/l, contabilizándose en esta cifra todos los iones existentes en el agua. La salinidad del agua de riego se determina midiendo su conductividad eléctrica (C.E.), concentración de boro, cloruro, bicarbonatos, Na^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}.

La C.E., es una de las determinaciones que se utilizan con mayor frecuencia, indica la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que cuando mayor sea el contenido de sales solubles ionizadas, mayor será el valor de aquella. Para medirla se emplea el conductivímetro.

Técnica y prácticamente se ha demostrado que la cantidad de sales disueltas ionizadas en el agua es proporcional a la C.E.

Como la mayoría de las sales de interés son muy solubles o ionizables, se ha comprobado que se cumple la siguiente relación:

S.T. = C.E. · K

Siendo:

S.T. = Concentración en sales totales, en mg/l.

C.E. = Conductividad eléctrica a 25 ºC, en dS/m.

K = Constante de proporcionalidad, siendo 0,64 si expresado en µm/cm o 640 si está en mm/cm.

La F.A.O. clasifica en tres niveles la C.E. según los riesgos de salinidad:

Tabla

Índice de Salinidad	C.E. (miliohm/cm) a 25ºC	Riesgos de Salinidad
1	< 0,75	Sin problemas
2	0,75 — 3,0	Problemas crecientes

3	> 3,0	Problemas serios

Solución de los problemas de salinidad:

El drenaje, la lixiviación y el cambio de un cultivo por otro más tolerante a la salinidad, son prácticas para evitar el impacto de una acumulación de sales a largo plazo.

Sin embargo, también se deben considerar las prácticas para tratar la salinidad temporal, estas prácticas consiste en el lavado las sales aplicando a la zona radicular más agua que la que necesitan los cultivos durante su período de crecimiento. Esta cantidad extra de agua, percola por debajo de la zona radicular, desplazando por lo menos una parte de las sales acumuladas en ella.

Los factores críticos en el control de las sales son la cantidad de agua necesaria para la lixiviación y el momento oportuno para su aplicación.

Las prácticas que pueden aumentar la eficacia del lavado:

- Lavar las sales preferentemente durante las estaciones frías. Ello aumenta la eficacia y facilita la lixiviación ya que la evapotranspiración es más baja.
- Utilizar los cultivos de mayor tolerancia a la salinidad. Ello implica una fracción de lavado menor y permite un ahorro de agua.
- Labrar el suelo para disminuir la escorrentía y destruir las grietas que dejan pasar el agua a través de poros grandes y otras resquebrajaduras, disminuyendo la eficacia de lavado.
- Riegos con aspersión con intensidades de aplicación superiores a la velocidad de infiltración. La lixiviación por aspersión requiere mayor tiempo y menor agua que la lixiviación por inundación continua.
- Preferir la práctica de alternar períodos de inundación con períodos secos, a la práctica de inundación continua.
- Programar los lavados durante los períodos de menor consumo de agua por los cultivos. En caso contrario, proponer los lavados para después de la campaña de cultivo.
- En los casos de suelos de lenta infiltración, se debe prever el riego de presiembra o la lixiviación fuera de la campaña de cultivo, para evitar aplicaciones excesivas de aguas durante el período de crecimiento.
- Regar antes de la llegada de las lluvias, cuando se prevea que estas serán insuficientes para completar la lixiviación.

Tolerancia de los cultivos a la salinidad:

No todos los cultivos responden de igual manera a la salinidad, algunos producen rendimientos aceptables a niveles de alta salinidad y otras son sensibles a niveles relativamente bajos. Esta diferencia se debe a la mejor capacidad de adaptación osmótica que tiene algunos cultivos, los que permiten absorber, bajo condiciones de salinidad una mayor cantidad de agua. Las plantas sensibles a la salinidad, gastan mucha energía en captar esa agua en detrimento del desarrollo de la misma.

3.2.2. Sodicidad

Las partículas del suelo adsorben y retienen cationes como consecuencia de las cargas eléctricas que existen en la superficie. Una vez que los cationes adsorbidos se han cambiado químicamente con las partículas del suelo, pueden ser reemplazadas por otros cationes que se encuentran en la solución del suelo. Esta reacción recibe el nombre de intercambio de cationes, donde los más fácilmente intercambiables son los cationes Na, Ca y Mg.

Se entiende por sodicidad al fenómeno derivado de la composición del agua de riego, que tiende a elevar el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.). Este aumento depende, entre otros factores, de la relación del sodio soluble a los cationes divalentes (Ca^{2+}, Mg^{2+}) y del nivel de iones bicarbonatos en el agua de riego.

El sodio es uno de los uno de los iones que más favorece a la degradación del suelo, es el sodio que sustituye al calcio en los suelos áridos, produciendo problemas de filtración en los mismos. Esta situación da lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de la estructura, que dificulta la circulación del aire y agua, por lo que el suelo adquiere un aspecto polvoriento y amorfo, perdiendo rápidamente su permeabilidad.

Está demostrado que aguas con alto contenido en sodio y baja salinidad conducen al hinchamiento y/o dispersión de las partículas del suelo, con el consiguiente efecto negativo sobre las propiedades físicas del mismo. La infiltración, en general, aumenta con la salinidad y disminuye con una reducción en salinidad, o un aumento en el contenido en sodio en relación al calcio y en magnesio (RAS).

Un agua de salinidad (Cea < 0,5 ds/m o < 0,2), tiende a lixiviar las sales y minerales solubles, incluyendo el calcio, reduciendo su influencia sobre la estabilidad de las agregadas y estructura del suelo. Las partículas más pequeñas del suelo así dispersados obstruyen el espacio poroso y sellan la superficie del suelo, reduciendo notablemente la infiltración.

En la siguiente tabla se muestra los efectos sobre la permeabilidad del suelo que pueden presentarse con diferentes concentraciones de salinidad y sodio.

Tabla 4

	!sin Problemas	Problemas Crecientes	Problemas serios
Riesgo del descenso de permeabilidad (CE µΩ/cm)	>0,5	<0,5	<0,2
Riesgo del descenso de permeabilidad (SARaj)	<6	6-9	>9

Por otro lado, un alto contenido en sodio, además, es fitotóxico para muchas plantas: Les produce quemaduras en las hojas, clorosis y muerte de las ramas pequeñas.

3.2.3. TOXICIDAD

La toxicidad se produce dentro de la misma planta y es el resultado de la absorción y acumulación de ciertos constituyentes existentes en el agua de riego. Estos reciben el nombre de microelementos ya que son elementos indispensables para la vida de las plantas pero se encuentran presentes en proporciones muy pequeñas en los tejidos biológicos.

Los microelementos que actualmente son reconocidos como esenciales para las plantas superiores son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el boro (B), y el molibdeno (Mo).

Otros elementos pueden tener un papel útil para ciertas plantas como el cloro (Cl), el silicio (Si) y el cobalto (Co).

El sodio (Na), realmente ocupa una posición muy particular. Representa un papel de microelemento para ciertas plantas y es sobre todo útil para las plantas halófilas.

Aparte existen otros elementos conocidos como metales pesados no esenciales (cadmio, mercurio, plomo,...) cuya presencia superior a una concentración límite son totalmente tóxicos tanto para los cultivos como para la fauna y flora acuática. (Tabla 6)

Tabla 6: Concentraciones máximas de microelementos recomendadas en aguas de riego

Microelemento	**Concentración máxima recomendada (ppm)(b)**	**Observaciones**
Aluminio	5,0	Puede provocar una falta de productividad en suelos ácidos pH< 5.5, aunque suelos más alcalinos precipitarán el ión y eliminarán cualquier toxicidad.
Arsénico	0,10	su fitotoxicidad varía ampliamente entre 12 ppm para la hierba del Sudán hasta menos de 0,5 ppm para el arroz.
Berilio	0.10	Su fitotoxicidad varía ampliamente entre 5 ppm para la col rizada y 0,5 para las judías verdes.
Cadmio	0,01	Es tóxico para las judías, la remolacha y los nabos a concentraciones tan bajas como 0,1 mg/l en disolución. Los limites recomendados son conservadores debido a su capacidad para acumularse en el suelo y en las plantas hasta concentraciones que pueden ser perjudiciales para las personas.
Cobalto	0,05	Es tóxico para la planta del tomate a una concentración de 0,1 mg/l en disolución. Suele ser inactivado por suelos neutros o alcalinos.
Cromo	0,1	No está considerado como un elemento esencial para el crecimiento. Los límites recomendados son conservadores debido a los escasos conocimientos sobre su fitotoxicidad.
Cobre	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre 0,1 y 1,0 mg/l en disolución.
Fluoruros	1,0	Es inactivado por suelos neutros o alcalinos.
Hierro	5,0	No es tóxico para las plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y a la disminución del fósforo y molibdeno, elementos esenciales para las plantas. El riego por aspersión elevado puede dar lugar a depósitos desagradables en las plantas, los equipos y los edificios.
Litio	2,5	Es tolerado por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg/l; es un

		elemento móvil en el suelo. Es tóxico para los cítricos a concentraciones superiores a 0,075 mg/l. Actúa en forma similar al boro.
Manganeso	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre unas décimas y unos miligramos por litro, aunque principalmente en suelos ácidos.
Molibdeno	0.01	No es tóxico para las plantas en las concentraciones normalmente presentes en el suelo y en el agua. Puede ser tóxico para el ganado cuando el forraje se cultiva en suelos con elevadas concentraciones de molibdeno disponible.
Níquel	0,2	Es tóxico para diversas plantas a concentraciones entre 0,5 y 1,0 mg/l; su toxicidad disminuye a pH neutro o alcalino.
Plomo	5,0	Puede inhibir el crecimiento de las células vegetales a concentraciones muy elevadas.
Selenio	0,02	Es tóxico para las plantas a concentr. tan pequeñas como 0,025 mg/l, y para el ganado cuando el forraje se cultiva en suelos con niveles relativamente altos de selenio añadido. Es un elemento esencial para el crecimiento de los animales, pero en concentr. muy pequeñas.
Estaño		Las plantas lo rechazan de forma eficaz; su tolerancia específica es desconocida.
Titanio		Comportamiento similar al estaño
Tungsteno		Comportamiento similar al estaño
Vanadio	0,1	Es tóxico para muchas plantas a concentraciones relativamente bajas.
Zinc	2,0	Es tóxico para muchas plantas a concentraciones muy variables; su toxicidad disminuye a pH>6,0 y en suelos con textura fina o de carácter orgánico.

a) Adaptado de Water Quality Criteria (NAS-NAE, 1972) y Pratt (1972)

b) La concentración máxima se ha basado en una tase de riego acorde con unas buenas prácticas agronómicas, es decir 12000 m3/ha/año. Si la tasa de riego excede este valor, la concentración máxima debe disminuir de forma proporcional. No debe efectuarse ningún ajuste cuando las tasas de riego sean inferiores a la indicada. Los valores recomendados corresponden a la fuente de abastecimiento de agua utilizada para regar de forma continuada en un mismo lugar.

Los microelementos esenciales participan en el metabolismo de la planta. Son necesarias para las enzimas ya sean como activadores ya como constituyentes específicos de sistemas enzimáticos.

Pequeñas cantidades de microelementos esenciales permiten obtener el crecimiento óptimo de la planta, pero rápidamente se llega del óptimo al exceso con cantidades mínimas (ocurre a pH ácido o muy ácido), es decir, a la toxicidad; no ocurre así en el caso de los macroelementos.

El orden de abundancia en suelos irrigados con este tipo de aguas: Fe> Zn> Cu> Pb> Cr> Ni> Cd. Los efluentes tras un tratamiento secundario tienen concentraciones similares a las de las aguas naturales excepto para el Zn, más abundante en aguas residuales urbanas.

Estos últimos elementos son considerados como los más peligrosos, junto el Hg.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los microelementos tienden a acumularse en el suelo; el contenido de éstos en suelos regados con agua residual regenerada puede aumentar considerablemente si el riego se prolonga durante un largo periodo de tiempo. Ensayos realizados en el Estado de California han llegado a la conclusión de que se puede regar con agua residual de composición típica durante casi 100 años, antes de que la concentración debida a la acumulación de microelementos en el suelo alcance el límite máximo.

El agua y el suelo deben analizarse periódicamente a fin de estimar la velocidad de acumulación de elementos en el suelo.

3.2.4. Nitrógeno total

Los rendimientos de los cultivos sensibles al nitrógeno (remolacha azucarera, vid, albaricoque, cítricos...) pueden verse afectados por concentraciones de nitrógeno que excedan de 5 mg/l procedentes tanto de nitrato como de amonio. Cuando la concentración excede los 20 mg/1 son de temer problemas graves con cultivos sensibles. Para cultivos no sensibles, puede ser adecuada la concentración de más de 30 mg/l, evitándose en estos casos el aporte de abonos nitrogenados. Concentraciones de menos de 5 mg/l no tienen ningún efecto ni en cultivos sensibles al nitrógeno.

El nitrógeno y la planta

El nitrógeno orgánico no puede ser absorbido por la planta; previamente hay que transformarlo a nitrógeno mineral. Cuando necesita un efecto rápido sobre el cultivo se emplea el nitrógeno nítrico y para un efecto más lento el amoniacal.

Las plantas absorben nitrógeno desde el principio hasta el final de su desarrollo; pero hay etapas en las que las necesidades de nitrógeno son más intensas. En los cereales, las mayores necesidades coinciden con el ahijado, encañado y floración; en los frutales coinciden con la floración y el cuajado de frutos

3.2.5. Índice de acidez

El pH representa la medida de la acidez o alcalinidad del agua.

El intervalo normal para agua de riego oscila entre pH 6,5 y 8 y el agua residual urbana ya sea bruta o tratada sin vertidos industriales en condiciones normales se encuentra en un intervalo ideal para su uso para riego.

Sin embargo, cuando se encuentra fuera de este rango indica que algo anormal ocurre; ya sea referente a la calidad del agua o a la presencia de algún ión tóxico. Cuando sucede esto último el pH sirve como advertencia de que hay que realizar una rigurosa analítica del agua, para una vez averiguado qué causa la bajada o subida del pH, hacer las correcciones necesarias.

El control de pH se hace necesario tanto para evitar daños en cultivos, en tratamiento biológico etc., como para evitar corrosiones en tuberías de los diferentes sistemas de distribución del agua así como en los sistemas de riego

3.2.6. Bicarbonatos

La alcalinidad es debida a la presencia de bicarbonatos HCO3-, carbonatos e hidróxidos. La mayor parte de la alcalinidad natural en las aguas las causa el bicarbonato. En las aguas residuales es útil porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios de pH; pero con respecto al riego, aún en concentraciones muy bajas puede ser un problema sobre si se trata de riego por aspersión de frutales o viveros durante períodos de baja humedad y gran evaporación. A medida que el agua de las hojas se evapora, las sales se concentran. Aunque ello no implica toxicidad, si el efecto de concentración es suficientemente grande, las sales menos solubles en el agua precipitan depositándose en el fruto y en las hojas.

3.3 .Características biológicas:

Estas características se relacionan con bacterias, virus y otros organismos causantes de enfermedades. Antes de ser tratadas, las aguas residuales tendrán toda clase de microorganismos, muchos de los cuales son patógenos, es decir, causantes de enfermedades. El grado de desinfección dependerá del tratamiento usado, la utilización que se prevé y los requisitos sanitarios. Algunos ejemplos son:

· *Bacterias de la putrefacción, como por ejemplo Pseudomonas fluorescens, P. aeruginosa, Proteus vulgaris, Bacillus cereus, B. subtilis, Aerobacter cloacae, Zooglea ramigera... · · *Coliformes: constituye un indicador importante de la impurificación del agua con materias fecales · · *Enterobacteriáceas, como Escherichia coli, Aerobacter aerogenes, Streptococcus faecalis; todas ellas procedentes de los intestinos. · · *Hongos: las aguas de desecho contienen también esporas e hifas de hongos como Leptomitus lacteus y Fusarium aquaedutuum. Proliferan en un amplio intervalo de pH (de 3 a 9). · · *Bacterias intestinales patógenas, como Salmonella typhi y Salmonella paratyphi, que producen enfermedades típicas, algo más raro es la Shigella que produce la disentería, el Vibrio cholerae (agente del cólera), el bacilo tuberculoso (Mycrobacterium tuberculosis)... · · *Virus patógenos para la especie humana: Además de bacterias y hongos las aguas residuales urbanas son portadoras de numerosos virus patógenos para la especie humana, los cuales conservan su virulencia allí, durante más o menos tiempo, como el virus de la poliomielitis. · · * microorganismos patógenos para los animales: Un ejemplo claro es el de la brucelosis del ganado producida por bacterias del género Brucella. · Una forma de transmitir todas estas enfermedades es a través del uso de estas aguas para riego agrícola. Por este motivo es necesario e imprescindible un tratamiento previo para su posterior reutilización en riego, tratamiento que dependerá del uso que se le vaya a dar (tipo de riego, cultivo, zona a regar) y por supuesto condiciones sanitarias impuestas.

La propuesta de calidad de los parámetros microbiológicos requerida para las aguas de riego, de la O.M.S, son muy parecidas a las establecidas por el M0 de Sanidad de Francia, estas últimas son:

Tabla 8

	Hortalizas y frutas crudas	**Cereales y cultivos para conservas**
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Nematodos intestinales (media aritmética huevos/l)	<1	<1
Coliformes fecales(media geométrica/100ml)	<1000	
Tratamiento orientativo	Estanques de estabilización o equivalente	Estanques de estabilización o equivalente
Grupo expuesto	Trabajador, consumidor	Trabajador

En EEUU la E.P.A (Agencia de protección ambiental), recomienda una normativa a nivel federal sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola, para aquellos estados que no han desarrollado su propia normativa.

Las recomendaciones de calidad son muy estrictas, más que la O.M.S, además de que contemplan otros parámetros como pH, DBO y Turbidez o SS:

AQUÍ ESTOY

Tabla 9

TIPO DE REUTILIZACIÓN	TRATAMIENTO	CALIDAD	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Riegos de cultivos comestibles no procesados comercialmente	Secundario Filtración Desinfección	PH= 6-9 <10 mg/l DBO <2 NTU 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	15 m a fuentes o pozos de agua potable 30 m a zonas permitidas al público
Riego de cultivos que se consumen procesados	Secundario Desinfección	PH = 6-9 <30 mg/l DBO <30 mg/l SS 200 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	90 m a fuentes o pozos de agua potable 30 m a zonas permitidas al público
Riego de pastos de animales productores de leche y cultivos industriales	Secundario Desinfección	PH = 6-9 <30 mg/l DBO <30 mg/l SS 200 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	90 m a fuentes o pozos de agua potable 30 m a zonas permitidas al público

=4. SISTEMAS DE RIEGO

4.1. Riego por aspersión,

Consiste básicamente en aplicar agua a la superficie del terreno rociándola en forma de lluvia, además de los problemas comunes con otros sistemas como puede ser obstrucciones de goteros, contaminación por hongos, etc., tiene el inconveniente de que pueden aparecer problemas especiales de toxicidad así como tener un mayor riesgo sanitario. Por ello el sistema de distribución del agua mediante aspersores exige un agua de superior calidad que los demás tipos de riego.

Pueden ser:

De tipo fijo:

- colocadas en la superficie o enterradas
- Las superficiales tienen la desventaja de verse afectadas por la climatología, el ganado o los equipos de laboreo. La principal ventaja es su bajo costo y fácil mantenimiento. El material que se está utilizando es el PVC.
- Las conducciones enterradas son de Uralita o PVC. Tienen mayor costo pero presentan mayor duración

De tipo móvil:

con instalaciones móviles se puede llevar a cabo mediante el uso de aspersores múltiples, rodantes y de pivote central

4.1.1. Efectos especiales de toxicidad

Debido al modo de dispersar el agua el riego por aspersión se produce una absorción foliar de micronutrientes, acelerándose la velocidad de acumulación del ión tóxico en la planta, siendo a veces esto la fuente principal de toxicidad.

En general, hay que decir que pueden producirse daños por la concentración de sales acumuladas en la superficie externa de las hojas, debido a la pulverización de las sales. Para evitar esto existen varias soluciones, entre las que destacan:

- riego nocturno, pues en general la humedad aumenta y disminuye el viento
- aumentar la velocidad de rotación de los cabezales de los aspersores.

4.1.2. Riesgo sanitario

Uno de los problemas principales que se presentan con el uso de las aguas residuales para riego es el de posibles infecciones, y propagación de microorganismos patógenos debido a los aerosoles que se forman. Por ello es necesario saber cómo y qué se va a regar. El riesgo mayor se tiene cuando se cultiva el riego por aspersión para regar cultivos de consumo directo ya que, valga la redundancia, existe un contacto directo entre frutos, follaje y hombre, existiendo pues un máximo riesgo sanitario. Por este motivo el Código de Agua de California distingue diferentes tratamientos según el nivel de reducción de coliformes que se quiera obtener, que a su vez dependerá del tipo de riego y la utilización que se le dé. Como se observa en la tabla 12 es el riego superficial de viñedos y árboles frutales el que presenta un nivel de tratamiento menor y el riego por aspersión el que presenta una legislación más estricta y rigurosa en cuanto a la reducción de coliformes totales.

4.2 Riego Superficial

4.2.1. Surcos o caballones:

El efluente se aplica por gravedad y fluye a través de los surcos. El terreno debe ser llano, y el tamaño de los surcos o caballones dependen del volumen de vertido, tipo de vegetal y tipo de suelo. Se debe de alternar periodos de inmersión de los surcos con periodos de secado para oxidar la materia orgánica y evitar la colmatación de los poros.

4.2.2. Inundación:

Como su propio nombre indica es por encharcamiento de parcelas. Para ello la tierra tiene que estar nivelada con el fin de mantener una profundidad uniforme. Así mismo se necesitan época de secado para oxidar la materia orgánica y evitar la colmatación de los poros

4.2.3. Escorrentías

Sobre pendientes con cubierta vegetal: Es una descarga controlada de un efluente en un terreno con una pendiente y longitud adecuada, el cual se encuentra tapizado por pastizales o masas forestales. Los terrenos ideales son los que tienen baja permeabilidad y coeficiente de retención adecuados para proteger los acuíferos.

4.3. Riego localizado

Ahorra mucha agua y se evita la proliferación de malas hierbas ya que la zona regada es muy puntual. Esta técnica exige una filtración exhaustiva del agua residual para evitar una obturación de los goteros. Se aplica fundamentalmente en frutales y plantas hortícolas

4.3.1. Efectos especiales de toxicidad

Cuando se riega con aguas salinas, se aportan menor cantidad de agua por lo que no se produce un lavado suficiente de sales, con lo que éstas se concentran en la zona radicular.

4.3.2. Riesgo sanitario

Es el sistema de distribución considerado como perfecto para evitar contacto operario-agua, ya que es un sistema totalmente cerrado que, además, no genera aerosoles.

4.4. Obturación

Como hemos visto las obturaciones se da tanto en el riego por aspersión como en el riego localizado, pero es en este último en el que existen más riesgos de obturaciones. Hay diferentes causas por la que se produce este tipo de problema en los goteros como son:

- Los sólidos en suspensión que lleva el agua residual. Según el nivel de tratamiento éstos se reducirán en mayor o menor grado. Reducirlos casi al 100% resulta económicamente costoso.
- La eutrofización: consiste en el desarrollo de algas u otros vegetales indeseables dentro del agua, producido principalmente por el enriquecimiento de ciertos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, y pueden taponar tuberías, válvulas, emisores, goteros etc.

Por ello la turbiedad del agua de riego ha de ser muy baja si se quiere evitar la obturación de goteros. Por este motivo el riego localizado es el más restrictivo en cuanto a uso con agua residual urbana.

II. REUTILIZACIÓN CON FINES MUNICIPALES Y RECREATIVOS

Esta reutilización va dirigida principalmente para los siguientes usos:

- Riego de parques y jardines públicos
- Creación de lagos artificiales para pesca y fines recreativos

1. REUTILIZACIÓN PARA RIEGO DE PARQUES Y JARDINES PÚBLICOS

En cuanto a la calidad que debe de tener esta agua va a ser la misma que hemos visto en el caso anterior (los parámetros físico-químicos), con la ventaja de que las plantas que se van a regar (césped, y plantas ornamentales), son más tolerantes, que los cultivos agrícolas. El sistema de riego utilizado es el de aspersión por lo que habrá que tener en cuenta lo visto anteriormente

En cuanto a los parámetros microbiológicos, las recomendaciones de la OMS para el “Riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público" son:

Tabla 11

	CONTACTO PÚBLICO DIRECTO	CONTACTO PÚBLICO NO DIRECTO
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Nematodos intestinales (media aritmética huevos/l)	<1	<1
Coliformes fecales(media geométrica/100ml)	200	1000
Tratamiento recomendado	Estanques de estabilización o equivalente	Estanques de estabilización o equivalente

Grupo expuesto	Trabajador, público	Trabajador, público

- 4 a 6 estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a Tª>

200C

Las recomendaciones de la E.P.A:

Tabla 12

TIPO DE REUTILIZACIÓN	TRATAMIENTO	CALIDAD	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Riegos de parques campos de golf cementerios, lavados de coches	Secundario Filtración Desinfección	PH= 6-9 <10 mg/l DBO <2 NTU 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	15 m a fuentes o pozos de agua potable
Riego de árboles y parques con acceso público prohibido o infrecuente	Secundario Desinfección	PH= 6-9 <30 mg/l DBO 30 mg/l SS 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	90 m a fuentes o pozos de agua potable 30 m a zonas permitidas al público

=2. REUTILIZACIÓN CON FINES RECREATIVOS

2.1 Embalsamiento artificial

Los principales problemas de los embalses de agua residual depurada son:

- El alto contenido en sales disueltas y sólidos en suspensión que llevan estas aguas.
- El efluente que suele llegar a estos embalse tiene bajos niveles de oxígeno
- En el fondo se suelen dar condiciones anaerobias
- Pueden darse problemas de eutrofización.

Esto es lo que le están ocurriendo a la mayoría de los embalses de nuestro país que sufren el aporte de colectividades o pueblos asentados cerca de sus márgenes.

Por ello si se quieren dedicar estos embalses para pesca u usos recreativos (vela, esquí acuático, baños) los criterios de calidad han de ser muy elevados. No obstante hay que dorar los efluentes y esto puede presentar problemas pues el cloro se combina con la materia orgánica dando cloraminas, clorometanos y más tóxicos.

La repoblación con peces conlleva a su vez problemas por la acumulación de determinados elementos tóxicos, presentes en el agua residual en las cadenas alimentarias.

Debido a los riesgos antes mencionados la OMS no lo contempla.

La EPA dispone:

Tabla 13

TIPO DE REUTILIZACIÓN	TRATAMIENTO	CALIDAD	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Uso de recreo si el contacto con el A.R. depurada es accidental	Secundario Filtración Desinfección	PH= 6-9 <10 mg/l DBO <2 NTU 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	150 m a fuentes o pozos de agua potable
Uso estético si el contacto con el público no está permitido	Secundario Desinfección	<30 mg/l DBO <30 mg/l SS 200 C.F./100 ml	150 m a fuentes o pozos de agua potable

		1 mg/l CLO2	
Usos en construcción	Secundario Desinfección	<30 mg/l DBO <30 mg/l SS 200 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	

3. POTABILIZACIÓN

La mayoría de los países descartan el consumo humano de agua residual depurada. Aún estando regulado y permitido este uso en ciertos países, no se tienen noticias de haberse llegado a aplicar. En España la Legislación de aguas prohíbe este uso, salvo en casos de excepción o catástrofe, y siempre previa autorización de la Administración sanitaria y del Organismo de cuenca correspondiente

4. SUMINISTRO URBANO NO POTABLE EN RED, BALDEO Y LIMPIEZA DE CALLES

El suministro urbano en red de agua no potable (con excepción de las redes locales para riego de zonas verdes), así como el baldeo y limpieza de calles es un uso muy excepcional, admisible solamente con las garantías necesarias.

La E.P.A no contempla el riego y limpieza de calles con aguas residuales depuradas. Sólo el estado de Hawai lo tiene:

Coliformes fecales < 2.2 /100 ml

Virus < 1 PFU/ 40L

5. CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN URBANAS

- Calefacción urbana: No está regulado por las normativas conocidas, si bien se sabe de su aplicación en Japón
- Refrigeración urbana: EEUU la considera con parámetros equivalentes a los del agua potable. En España está prohibida

6. LAVADO DE INSTALACIONES

Uso no recogido en las normativas conocidas.

EEUU si considera para lavado de coches y cuartos de aseo, donde el peligro es potencialmente mayor:

pH =6-9

<2UNT

<10 mg/l DBO

CF O mg/l

CL2 >1 mg/l

7. EXPERIENCIA EN CALIFORNIA

En EEUU está tan instaurada la política de reutilización de aguas residuales para los distintos usos municipales, que en una localidad de California han creado para estos fines una infraestructura que es una red de distribución doble, una para el agua potable y otra para el agua que va a ser reutilizada.

Ventajas e inconvenientes:

- Evita problemas de impacto medioambientales, ya que el agua depurada no se vierte al medio (terreno, ríos, mares)
- En ocasiones en que haya exceso de agua residual depurada, ésta puede ser acumulada en embalses o lagos para su uso en incendios forestales
- Como puede existir posibilidad de poder contaminar el agua potable, el agua reutilizada debe de tener requerimientos sanitarios que se han de cumplir estrictamente.

Lo principal es evitar las conexiones erróneas entre las diferentes redes de distribución, para ello:

1. La presión de la red de distribución de la red de agua potable sea superior a la red del agua residual

2. Existencia de planos perfectamente detallados del trazado de ambas redes y todas sus modificaciones

3. Registro de todas aquellas averías, con el fin de subsanar en futuro posibles errores en la concepción de nuevas infraestructuras

4. Cada red se señale con unos materiales diferentes

5. El agua residual vaya por debajo de cierta altura del agua potable.

III. REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL PARA TRANSPORTE Y LAVADO

Para esta actividad se pueden mezclar agua residual urbana e industrial en mayor o menor proporción

No es necesaria una calidad muy apreciable para estos fines pero al menos debe darse un tratamiento secundario, en el caso de aguas residuales urbanas.

Se suele usar para:

- Lavado y transporte de materias primas: Carbón, azucareras,
- Transporte de residuos: cenizas en centrales térmicas
- Lavado de productos acabados o semiacabados: pastas en papeleras, productos de laminado, pieles en curtidurías,
- Lavado de gas antes de su vertido a la atmósfera: siderurgia, altos hornos, fundiciones,...

En los casos de industrias agroalimentarias y textil en agua residual debe ser bacteriológicamente correcta y clara. Las industrias de semiconductores necesitan un agua muy pura.

Ejemplos: Fundición de cobre, Zinc en Bristol Reino Unido.

IV. REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

1. Definición

Se define como el uso de aguas en plantas de producción de energía y algunas industrias, para extraer calor mediante su circulación por circuitos, basados en un sólo paso de agua (circuitos abiertos) o en una recirculación de agua de refrigeración (circuito semicerrados).

Tipos de circuitos de refrigeración:

a. Abiertos: Requiere grandes volúmenes de agua. Existe contacto entre el agua y el cuerpo a refrigerar. No hay recirculación. A veces originan problemas ecológicos graves, si se evacuan a ríos o lagos pues originan contaminación térmica. No obstante este calor puede ser provechoso, por ejemplo en acuicultura.

b. Semicerrados: Tienen recirculación, purga y alimentación para evitar excesiva concentración de contaminantes por evaporación. Hay contacto con el aire

c. Cerrado: Hay recirculación, pero no existe contacto con el aire. Son más costosos, pero se eliminan las pérdidas de las purgas.

2. Usos

Producción de electricidad, siderurgia, petroquímica, química, automovilísticas, cementeras, incineración de residuos. En las zonas costeras esta técnica de reutilización no tiene apenas incidencia, ya que, salvo en contadas excepciones, se dispone para estos fines de un efluente inagotable del mar. Está prohibido en industrias alimentarias y auxiliares.

3. Principales problemas

3.1. Corrosión e incrustaciones:

Para evitarlo:

- Inhibición del poder incrustante: Determinar la dureza total en todas las condiciones térmicas del agua de refrigeración, añadiendo a continuación los productos químicos retardadores de la precipitación de la cal
- Inhibición de la corrosión: El pH deberá ser entre 6.5-7 de tal forma que no sea muy ácido y se produzca corrosión o muy alcalino para que no precipiten los hidróxidos insolubles

3.2. Fangos y desarrollos biológicos:

- Las materias en suspensión originan películas de barro en los circuitos que junto al aporte de nutrientes de estas aguas pueden originar desarrollo de organismos que disminuyan la luz de la tubería, para evitarlo habrá que purgar con productos químicos para la limpieza de estos elementos biológicos
- Riesgos sanitarios: Evacuación de gases tóxicos que se producen por determinadas bacterias en condiciones anóxicas.

4. Parámetros de calidad:

Tabla 14

PARÁMETROS	UNIDADES	CIRCUITO ABIERTO	CIRCUITO SEMICERRADO
Sólidos en suspensión	mg/l	5000	100
Conductividad	ms/cm^2	1500	750

Alcalinidad	mg/l $CaCO_3$	500	350
Dureza total	mg/l $CaCO_3$	850	650
pH		5-8.3	5-8.3
DQO	mg/l O_2	75	75
Sílice	mg/l SiO_2	50	50
Cloruros	mg/l Cl^-	600	500
Amonio	mg/l NH_4^+		4
Fosfatos	mg/l PO_4^{3+}	4	1
Detergentes	mg/l MBAS		1
Coliformes fecales	CF/100 ml	10 000	2

=V. APROVECHAMIENTO TÉRMICO

Las aguas naturales utilizadas en procesos industriales de refrigeración presentan un balance positivo de energía térmica. Su liberación al medio acuático supone una transformación no natural de éste, con lo que la vida en ese medio puede verse alterada.

Entre las principales industrias cuyo efluente es aprovechable térmicamente se encuentran las centrales térmicas, refinerías y destilerías, pero el ejemplo más representativo son las refinerías de crudo (petróleo) de las zonas litorales. Estos efluentes se van a aprovechar para el cultivo de especies vegetales (ornamentales, agrícolas) y especies animales (piscícolas).

1. Características

Constituyen el volumen más importante de agua en las refinerías sin recirculación (80 al 90 % del total de los efluentes).

Los efluentes están generalmente poco contaminados, a no ser que haya fugas en los circuitos, en cuyo caso pueden contaminarse con algunas fracciones de petróleo.

A veces pueden llevar compuestos como cromato de sodio, dicloro (vulgarmente cloro), fungicidas que inhiban el crecimiento de hongos o productos químicos que inhiban la corrosión de las tuberías.

Para que el aprovechamiento térmico sea rentable no cabe pensar en conducciones largas de agua caliente, debido a la pérdida de calor.

2. Aplicación

El cultivo de estas especies puede darse:

2.1. Bajo cubierta (tipo invernadero):

Es caro y complejo. Las especies cultivadas son más productivas, y no están restringidas a las de la zona. Existe un mayor control de la temperatura para que sea uniforme a lo largo de todo el año, por lo que será necesario un aporte subsidiario de energía. El calentamiento del invernadero se realiza mediante un sistema de tuberías y radiadores de convección, los cuales caldean el aire circundante. Las especies que se cultivan frecuentemente son:

Especies agrícolas: flores (rosa, clavel, nardo), frutas tropicales (piñas, kiwi...), plantas hortícolas (tomate, pimiento...).

- Especies piscícolas: el estanque donde se crían o engordan debe tener un sistema de recirculación y depuración del agua para conservar los niveles óptimos de OD y DBO. La temperatura es de 20 a 25 ºC todo el año; esto unido a fotoperiodos más largos que los naturales hace que disminuya el tiempo necesario para el engorde entre un 30 y un 40 %

2.2. A cielo raso:

La inversión es menor, las especies cultivadas son las de la zona, pero aumentando su ciclo reproductivo y vegetativo. No es necesario un aporte subsidiario de energía térmica, ya que las especies son menos exigentes, siendo generalmente las existentes en la zona.

- Especies agrícolas: se efectúa enterrando las conducciones de agua caliente en la zona próxima al sistema radicular superficial de la planta (fresa, espárragos), especies hortícolas de alta rentabilidad
- Especies piscícolas: se realiza utilizando directamente el efluente térmico, el cual llega a una o varias balsas.

En zonas litorales cabe aplicar un aprovechamiento intensivo de los efluentes térmicos, utilizando para refrigeración aguas profundas, frías y ricas en nutrientes. Esto se está estudiando actualmente en la Universidad de Hawai por tres motivos:

1. Reducción del agua necesaria para enfriar la instalación.

2. Eliminación o reducción de la contaminación térmica.

3. Aprovechamiento de la mayor riqueza de nutrientes de estas aguas.

Se ha visto que la producción primaria es sensiblemente superior a la de las aguas superficiales. Se experimentó con clorofíceas, cianofíceas y poblaciones mixtas de fitoplacton.

En Palma de Mallorca, el agua de refrigeración de la central térmica se extrae de las aguas superficiales regresando con un aumento de temperatura de 80 ºC. Este efluente se recoge en estanques para producción de especies marinas (lubina, dorada, angulas...).

VI. PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Esta agua aporta nutrientes para el desarrollo y crecimiento de seres vivos. Los casos más frecuentes son el riego de especies agrícolas o forestales.

1. Producción de microalgas

Es una vía de investigación prometedora ya que las algas microscópicas presentan algunas propiedades interesantes frente a cultivos condicionales:

- Mayor productividad.
- Se desarrollan en una gran diversidad de medios acuáticas.
- Soportan condiciones climáticas muy adversas.

Se pueden aplicar en la depuración del agua. Su crecimiento genera un agua de alta calidad que puede utilizarse alternativamente para la alimentación animal o humana (japoneses 70 % de proteínas).

2. Plantas superiores

Jacinto de agua, carrizo, que no tienen alto valor comercial, pero son coadyuvantes en la depuración.

3. Biomasa animal

Su aplicación es más comercial, aunque su uso está restringido: la piscicultura de especies con requerimientos mínimos como carpa, lucio..., la vermicultura (cría de lombrices).EI medio idóneo es el lagunaje.

En Francia se cría fitoplancton y zooplancton como alimento en acuicultura, tanto a nivel industrial (piscifactorías) como recreativo (acuarios).

Normalmente se mezcla agua residual depurada por lagunaje, enriquecida con fito y zooplancton y agua natural para la cría de carpa, lucio...; también se puede realizar una piscicultura de manera directa en lagunas utilizando el lucio. En cualquier caso se requiere un control sanitario de la pesca, ya sea para consumo humano o para la elaboración de harinas o piensos de consumo animal.

La OMS regula el uso del agua residual depurada en acuicultura, sin diferenciar si se destina o no al consumo humano:

Huevos viables de trematodos 0/l

Coliformes fecales < 1000/100 ml

La EPA no lo recoge.

VII. RECARGA DE ACUÍFEROS

La recarga artificial de acuíferos apenas se ha iniciado en España, hasta el momento sólo se han realizado varias experiencias piloto, con los que se están obteniendo datos para el diseño de futuros proyectos.

1. Definición de acuífero

Formaciones geológicas del subsuelo, que contienen o han contenido agua y por las que el agua puede fluir.

2. Definición de uso

Se entiende por recarga de acuíferos, el uso de aguas para incremento de las aguas subterráneas como conservación y salvaguardar del dominio público hidráulico, restituyendo el nivel de acuíferos sobre explotados, creando una barrera contra la intrusión marina en acuíferos costeros, y/o disponiendo de un almacenamiento de aguas para usos posteriores.

3. Métodos de recarga de acuíferos

3.1. Infiltración- Percolación

Con este método se obtiene, además de los objetivos antes mencionados, una mayor depuración del agua (que previamente ha sido tratada), ya que por un lado en la capa superficial del terreno se produce una intensa actividad bacteriana, similar a la de un tratamiento biológico y, además a medida que se va infiltrando hasta llegar al acuífero este agua sigue depurándose como si hubiera pasado a través de un filtro.

A.) Características de los suelos

- Deben ser bastante permeables: suelos arenosos, franco-arenosos, ricos en gravas y con una capacidad de infiltración que oscile entre 10 y 60 cm al día.
- La textura no debe ser muy gruesa para facilitar las reacciones químicas y biológicas entre suelo y efluente
- Necesita periodos de reposo de al menos 22 días, permitiendo reoxigenación del suelo

- En el caso de heladas o lluvias hay que disminuir el agua residual a infiltrar
- Realizar análisis periódicos de las aguas infiltradas tanto en el nivel freático como en el acuífero: DBO, SS, SDis, N2, P2, coliformes totales, coliformes fecales, y con menos frecuencia un control de metales pesados

B.) Los niveles de depuración que se pueden alcanzar:

S.S. = casi total

Colif. Fecales = 85-98%

DBO = 85-98%

Detergentes = 90%

Nitrógeno = 30 al 80%

C.) Dispositivos de infiltración

1.- Estanques de infiltración´-----

El estanque recibe A.R. que bajo el efecto de la carga hidráulica va penetrando en el suelo.

La distancia mínima entre el suelo y la capa freática es de 3-5m

Los laterales del estanque deben ser impermeables, con hormigón o sedimentos muy finos para impedir la infiltración horizontal

El agua llega al estanque por gravedad o bombeo, que actúan como aireadores favoreciendo las condiciones aerobias del estanque, y una depuración importante en el propio estanque

El fondo del estanque puede ser:

1. Fondo desnudo: no precisa obra, pero se colmata con facilidad
1. Fondo con vegetación:
1. - permeabilidad suplementaria debido a las raíces
1. - protección del fondo en épocas de lluvias
1. - extracción de elementos minerales
1. - nivel bajo del efluente en primavera y en verano
1. - desecamiento periódico para proceder a la siega de la vegetación
1. Fondo de arena
1. - Espesor de 50 cm, Diámetro de 0.2 a 0.3, actúa como un filtro
1. - Se colmata, por lo que debe hacerse un lavado periódico de dicha arena y cuando sea necesario el cambio de la arena

2.-Fosas canales y zanjas

Parecido a los estanques pero:

- utilizan en general infiltración horizontal
- fosas: dimensiones más reducidas que los estanques
- canales: tienen una profundidad muy superior al resto de sus dimensiones. Son muy adecuados

3. Lechos de ríos acondicionados:

Aumenta la infiltración natural de los ríos mediante obras de acondicionamiento

4. Derrame subterráneo mediante red de tubos:

Actúa igual que un estanque:

Ventaja: la superficie del suelo queda libre

Inconveniente: Es más difícil de controlar al estar enterrado

El problema común que van a tener es la colmatación:

- Desorganización de la porosidad del suelo

- Destrucción de los agregados del suelo
- Hinchamiento de las arcillas
- Disminución de los poros del suelo:
- 1. por los SS
- 1. por la precipitación de sales
- 1. por metabolitos bacterianos
- Desarrollo de algas

Para evitarlo:

- periodos de infiltración alternados con los de descanso o secado: airear el suelo eliminar depósitos de SS
- periodo de secado debe ser el doble al de infiltración
- construir varios estanques, para que la infiltración no se detenga cuando se esté limpiando uno de ellos.

3.2. Inyección

Permite un mejoramiento en la calidad del agua

Desde el punto de vista microbiológico se necesita una adecuada distancia entre el punto de inyección y el de recuperación

La acción depurativa del suelo es mínima

- Los dispositivos son los pozos de inyección, que actúan de manera inversa a los pozos de bombeo.
- Se utilizan cuando existe una capa impermeable entre la superficie del suelo y la capa que queremos realimentar.

3.2.1 Problemas habituales:

El principal problema que nos vamos a encontrar es, al igual que en el caso anterior, peligro de colmatación:

Física: Por los sólidos en suspensión o la presencia de aire o gas en el agua de inyección haciéndose impermeable

Química: Dispersión e hinchamiento de las arcillas precipitación de sales alcalinas y alcalino-térreas

Biológica: Proliferación bacteriana, producen productos de desecho que colmatan los poro

Para evitarlo:

- Tratamiento que elimine los sólidos en suspensión
- Desmineralización
- Cloración
- Eliminación de gases disueltos y aire (es complicado), se consigue por:
- - Desaireación del agua
- - Consiguiendo que los elementos del pozo estén a presión mayor que la atmosférica, para evitar succión del agua inyectada.

Cuando se colmate: limpieza por bombeo que va incorporado al propio sistema de inyección.

Tabla 16: Niveles de tratamientos y criterios recomendados para las A.R. utilizadas para la recarga de acuíferos.

Mediante aplicación superficial:

1. Verificar la inexistencia de descargas de efluentes industriales tóxicos 2. 3. Oxidación biológica normal (tratamiento secundario) 4. 5. Absorción sobre carbón activo (tiempo de contacto 30 min.; DQO < 5 mg/l) 6. 7. Aplicación mediante infiltración- precolación del efluente en zona aerobia no saturada respetando los siguientes términos: 8. Profundidad mínima de la capa de 3m y una semana de aplicación alternada con dos de secado

9. Dilución con una cantidad igual de agua subterránea natural 10. 11. El agua de recarga debe quedar en la capa un año antes de ser extraída 12. 13. La calidad del agua subterránea debe de ser regularmente supervisada 14. Mediante inyección directa:

1. Verificar la inexistencia de descargas de efluentes industriales tóxicos 2. 3. Oxidación biológica normal (tratamiento secundario) 4. 5. Desinfección correcta (cloración) 6. 7. Coagulación- floculación química 8. 9. Decantación 10. 11. Filtración rápida en arena 12. 13. Absorción sobre carbón activo 14. 15. Desmineralización por osmosis inversa 16. 17. Aireación por aspersión para eliminar compuestos orgánicos volátiles 18. 19. Dilución con una cantidad igual de agua subterránea natural 20. 21. El agua de recarga debe quedar en la capa un año antes de ser extraída 22. 23. La calidad del agua subterránea debe de ser regularmente supervisada 24. Tabla 17 Propuesta de calidad para la recarga de acuíferos por extensión superficial o por inyección directa.

PARÁMETROS	UNIDADES	EXTENSIÓN SUPERFICIAL	INYECCIÓN DIRECTA
Sólidos suspensión	mg/l	10	
pH		5-9.5	6.5-9.5
DBO	mg/l O2	10	
Amonio	mg/l N	5	0.4
Nitritos	mg/l N		0.03
Nitratos	mg/l N	10	10
Cloruros	mg/l Cl	200	200
Boro	mg/l B	0.5	
Detergentes	mg/l MBAS	0.5	0.2
Coliformes fecales	CF/100 ml	23	0

BIBLIOGRAFíA

- “ La reutilización de las aguas residuales: acondicionamiento y uso”. CEDEX, editado por el MOPU
- “ Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas”. Consejería de Salud
- “Riego con agua residual municipal regenerada”. Ed. Universidad Politécnica de Cataluña (1990)

Cálculos hidráulicos

1. INTRODUCCIÓN. DEFINICIÓN DE LÍNEA PIEZOMÉTRICA.

Línea piezométrica: Es la línea imaginaria que resultaría al unir los puntos hasta los que el líquido podría ascender si se insertasen tubitos piezométricos en distintos lugares a lo largo de la tubería o canal abierto. Es una medida de la presión hidrostática disponible en dichos puntos. La línea piezométrica por su propia definición no siempre es decreciente, pudiendo crecer en puntos en los que aumente la presión hidrostática.

Para el estudio de una línea piezométrica se llevan a cabo los cálculos hidráulicos que determinan la disposición y el dimensionamiento interno de los diferentes elementos y obras que componen una E.D.A.R.

El estudio hidráulico para obtener la línea piezométrica, se realiza sobre la base de formas específicas para cada accidente hidráulico, adoptando márgenes de seguridad que garanticen el buen funcionamiento.

El proceso de cálculo se debe basar en el análisis del comportamiento hidráulico de los distintos elementos que componen la planta depuradora, relacionándose unos con otros mediante la distintas láminas de agua a la entrada y salida de los mismos.

Todas las cotas de lámina de agua se expresan normalmente en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y las pérdidas de carga, en metros de columna de agua (m.c.a.).

2. CRITERIOS DE CÁLCULO.

Es muy importante valorar los criterios que se van a utilizar para el cálculo de las pérdidas de carga:

2.1 Pérdida de carga en tuberías.

Para el análisis de la pérdida de carga en tuberías se usa la expresión propuesta por Colebrook, universalmente aceptada para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de presión por las que circula agua en régimen de transición o turbulento. La dificultad de la determinación de la pérdida de carga obliga al uso de tablas o bien a la resolución numérica de dicha ecuación para los valores concretos de rugosidad, velocidad y diámetro de la tubería.

La pérdida de carga viene dada por la siguiente expresión (pérdida de carga unitaria según Darcy): :

$$j = \frac{\lambda}{\phi} \cdot \frac{V^2}{g}$$

En donde:

j : pérdida de carga (m.c.a./m)

λ: coeficiente de pérdida de carga adimensional

Φ : diámetro de la tubería (m)

V : velocidad media del fluido en la tubería (m/s)

g : aceleración de la gravedad (m/s2)

El coeficiente de pérdida de carga adimensional se obtiene de la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log\left(\frac{K}{3.71 \cdot \phi} + \frac{2.51 \cdot \nu}{V \cdot \phi \cdot \sqrt{\lambda}}\right)$$ En donde:

K : rugosidad equivalente (m)

n : viscosidad cinemática (m2/s)

Operando en ambas expresiones se obtiene la fórmula de Colebrook:

$$V = -2 \cdot \sqrt{2g \cdot \phi \cdot j} \cdot \log\left(\frac{K}{3.71 \cdot \phi} + \frac{2.51 \cdot \nu}{\phi \cdot \sqrt{2g \cdot \phi \cdot j}}\right)$$

Para un caudal y sección determinada se obtiene el valor de la pérdida de carga en m.c.a./m de tubería. Esta expresión se resuelve numéricamente para la determinación del valor de j.

2.2 Pérdida de carga en canales.

Se suele utilizar la fórmula de Manning:

$$V = \frac{R_h^{2/3}}{n} \cdot S^{1/2}$$ (COMPROBAR)

siendo:

V = Velocidad del agua en m/s.

R_h = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente o pérdida de carga en m/m.

n = Coeficiente de rugosidad (en función del material del canal).

A su vez el radio hidráulico viene dado por la expresión: :

$$R_h = \frac{A}{P}$$

En donde:

A= Área mojada de la sección (m2)

P= Perímetro mojado (m)

Variarán su expresión según la forma del canal, ya sea rectangular, circular, etc.

2.3 Pérdida de carga en orificios

Un orificio es una abertura efectuada en la pared de un depósito, embalse, tubería o canal de forma que el agua puede escurrir a través de el. Un orificio es una singularidad en contorno cerrado, o sea una singularidad cuyo perímetro es totalmente mojado.

La expresión más ampliamente aceptada para el cálculo de la pérdida de carga a través de un orificio es:

$$Q = K\,S\,\sqrt{2\,g\,h}$$

En donde:

Q: caudal que atraviesa el orificio (m3/s)

S: sección transversal al flujo del orificio (m2)

g : aceleración de la gravedad (m/s2)

h: pérdida de carga en el orificio (m.c.a.)

K: constante (valor normal= 0,62)

2.4 Pérdida de carga en singularidades

La pérdida de carga genérica en una singularidad viene dada por la siguiente expresión, en donde K adopta distintos valores según el accidente. : (FALTA ECUACIÓN)

$$h = K\,\frac{v^2}{2g}$$

En donde:

h : pérdida de carga (m.c.a.)

V : velocidad media del fluido en la tubería (m/s)

g : aceleración de la gravedad (m/s2)

K : coeficiente de la singularidad

Los valores de K para distintas singularidades adoptan valores dentro de los siguientes rangos:

Accidente	K
Contracción brusca	0,5-1,5
Expansión brusca	0,5-1,1
Codos a 45º	0,15-0,19
Codos a 90º	0,26-0,33
giro a 180º	3.2
Válvula de compuerta	0,15-0,3
Válvula de retención	1,5-2,9
Compuerta canal abierto	0,2-0,3

2.5 Criterios de dimensionado de vertederos.

En la mayoría de los casos, para este tipo de aplicaciones se diseñan los vertederos como vertederos libres, es decir, que la altura de la lámina de agua, aguas abajo del mismo es inferior a 2/3 de la altura aguas arriba. Se restringe este apartado a los tipos de vertederos más comúnmente empleados en plantas depuradoras: vertedero lineal para la mayoría de recintos y vertedero circular de dientes (vertedero Thompson) para recintos de planta circular.

2.5.1. Vertederos lineales

La altura de la lámina de agua, aguas arriba del vertedero viene dada por la expresión: :

$$Q = \mu\,L\,\sqrt{2\,g\,h^3}$$

En donde:

Q: caudal que atraviesa el vertedero (m3/s)

m : coeficiente de caudal del vertedero

L: longitud del vertedero (m)

g : aceleración de la gravedad (m/s2)

h: altura de la lámina de agua, aguas arriba del vertedero (m.c.a.)

La determinación del valor de m es el aspecto más complicado en el dimensionado del vertedero. Diversos autores han propuesto algunas expresiones analíticas que se destacan a continuación:

Fórmula de Bazin: (0,10<h<0,60) :

$$\mu = 0,405 + \frac{0,003}{h}\left(1 + 0,55\frac{h^2}{(h+p)^2}\right)$$

Fórmula de Rehbock: (0,025<h<0,80)

$$\mu = 2/3\left(0,605 + \frac{1}{1050\,h - 3} + 0,08\frac{h}{P}\right)$$

Fórmula de la S.I.A.:

(FALTA ECUACIÓN)

Todas estas expresiones arrojan valores muy similares normalmente se adopta un valor medio de m = 0,415 que es el valor propuesto por Francis en 1.823. Para g = 9,81 m/s2, la expresión anterior se puede reescribir de la siguiente manera:

2.5.2. Vertedero triangular Thompson (dientes a 90º)

Según Thompson, el caudal aguas arriba de un vertedero rectangular de lamina delgada viene dada por:

$$Q = 1,84 \cdot L \cdot h^{3/2}$$

En donde:

q: caudal unitario en cada diente (m3/s/diente)

h: altura de la lámina de agua, aguas arriba del vertedero (m.c.a.)

L: ancho del vertedero

2.6 Cálculo de bombeos.

- Cálculo de la altura manométrica del bombeo:

La altura manométrica del bombeo se obtiene mediante la suma de la altura geométrica y la pérdida de carga en la impulsión:

$$H_m = H_{geo} + \Delta H_i$$

donde:

H_{geo} : Altura geométrica

ΔH_i: Pérdida de carga en la impulsión

a. Altura geométrica (Hgeo):

Con la cota de vertido y las alturas máxima y mínima de agua en el pozo de bombeo se obtienen las alturas geométricas:

Altura geométrica mínima (Hgeo,min)

Altura geométrica máxima (Hgeo,max)

b. Pérdida de carga en la tubería de impulsión (ΔH_i)

La pérdida de carga en una tubería viene dada por la siguiente expresión:

En donde el primer término representa las pérdidas de carga debidas a la rugosidad de la propia tubería, y el sumatorio las debidas a los diversos accidentes en la impulsión. :

$$\Delta H_i = K \cdot i \cdot L + \sum_{1}^{n} K_i \frac{v^2}{2g}$$

L: longitud de la tubería (km)

i: pérdida de carga en la tubería (m/km)

K: coeficiente de uso

Ki: coeficiente de pérdida de carga de la singularidad

v: velocidad del fluido (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s2)

Con la altura manométrica máxima y el caudal requerido se elige la bomba.

3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LÍNEA PIEZOMÉTRICA DE UNA E.D.A.R.

3.1. Datos de partida.

Cota fondo arroyo en el punto de vertido: 458,000

Caudales de entrada:

Caudal medio: 100,670 m3/h

Caudal máximo: 200 m3/h

Caudales del proceso:

- Pretratamiento:

Caudal máximo (Qmax-pret): 200 m3/h (bombeado)

- Reactor Biológico:

Caudal máximo total(Qmax-bio): 113,330 m3/h

Caudal de recirculación total(Qrec): 140,000 m3/h/ud.

3.2. Pozo de gruesos.

Datos de partida:

Cota rasante tubería de entrada: 466,600

Definición del pozo de gruesos:

Altura total útil del pozo de gruesos: 1,550 m

Cota solera pozo de gruesos: 465,050

Pérdida de carga estimada en salida 0,048

Cota lámina de agua a la salida del pozo de gruesos: 466,552

3.3. Tamizado de finos.

Datos de partida:

Caudal máximo de entrada (Qmax-pret): 200 m3/h (bombeado)

Tamices rotativos:

Nº de líneas principales: 1 uds.

Nº de líneas auxiliares: 1 uds.

Cota lámina de agua a la entrada del tamiz: 466,552

Desbaste de finos (tamices rotativos)

a. Dimensiones del tamiz

Longitud de tamiz: 1200 mm

Paso (E): 3 mm

b. Pérdida de carga

Pérdida de carga estimada en el tamiz: 0,800 m

Cota lámina de agua en salida de tamiz: 465,752

3.3 Desarenado - Desengrasado.

Datos de partida:

Caudal máximo de entrada (Qmax-pret): 200 m3/h

Canales de desarenado-desengrasado:

Nº de canales principales: 1 uds.

Nº de canales auxiliares: 0 uds.

Cota lámina de agua a la salida del tamizado: 465,752

Resguardo para adecuación: 0,600

Cota lámina de agua a la entrada desarenado: 465,152

Desarenado - desengrasado:

Pérdida de carga estimada en recinto 0,050

Cota lámina de agua a la salida del recinto: 465,102

Cálculo del vertedero de salida del Desarenado-desengrasado

a. Dimensionado del vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Q: Caudal en vertedero (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

Longitud vertedero (L): 2 m

Q = Qmax-pret: 200 m3/h

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

De la expresión descrita anteriormente, se obtiene la altura de la lámina de agua sobre el vertedero:

Altura de la lámina de agua sobre vertedero: 61,083 mm

Cota coronación vertedero: 465,041

Canal de salida del desarenado - desengrasado:

Resguardo para evitar sumergencia: 0,1 m

Cota lámina de agua en canal de salida del recinto: 464,941

3.4. Arqueta de reparto a biológico y alivio de excesos.

Datos de partida:

Caudal máximo de entrada unitario(Qmax-Biol.): 113,330 m3/h

Caudal de recirculación unitario(Qrec): 70 m3/h

Canales de reparto:

Nº de repartos diseño: 1 uds.

Nº de reparto futuro: 1 uds.

Cota lámina de agua a la entrada: 464,941

Cálculo del vertedero de salida arqueta de reparto:

a. Dimensionado del vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Q: Caudal en vertedero (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

Longitud vertedero (L): 0,500 m

Q = Qmáx-bio: 113,330 m3/h

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

De la expresión descrita anteriormente, se obtiene la altura de la lámina de agua sobre el vertedero:

Altura de la lámina de agua sobre vertedero: 105,399 mm

Cota coronación vertedero: 464,836

Salida arqueta de reparto:

Resguardo para evitar sumergencia: 0,100 m

Cota lámina de agua en arqueta de salida: 464,736

Cálculo del vertedero de alivio de excesos:

a. Dimensionado del vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Q: Caudal en vertedero (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

Longitud vertedero (L): 2,300 m

Q = Qaliviado: 86,670 m3/h

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

De la expresión descrita anteriormente, se obtiene la altura de la lámina de agua sobre el vertedero:

Altura de la lámina de agua sobre vertedero: 31,867 mm

Cota coronación vertedero: 464,941

Salida vertedero alivio:

Resguardo para evitar sumergencía: 0,100 m

Cota lámina de agua en alivio excesos: 464,841

3.5. Conexión arqueta de reparto - reactor biológico.

Datos de partida:

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 200 mm

Caudal max. unitario (qmax): 113,330 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 1,002 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota inicial lámina de agua: 464,736

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 27 m

Rugosidad de la tubería: 0,001 mm (PVC)

Coeficiente de uso: 1,1

Pérdida de carga

Q(m³/h)	Q(l/s)	v(m/s)	J(m/km)	DHt*(m)
113,330	1,481	1,002	4,222	0,125

b. Accidentes.

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,500
Expansion brusca	1	0,500
Codos a 45º	0	0,190
Codos a 90º	2	0,330
Válvula de compuerta	0	0,300
Válvula de retención	0	2

Coeficiente total de accidentes: 1,660

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,085

c. Pérdida de carga total en la conducción.

Pérdida de carga en tramo recto: 0,125 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,085 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,210 m

Cota lámina de agua a la salida:

Cota lámina de agua a la salida: 464,525

Resguardo para adecuación al terreno: 0,173 m

Cota lámina de agua de entrada a reactor biológico: 464,352

3.6. Reactor biológico.

Datos de partida:

Nº de líneas: 1

Caudal máximo biológico unitario(Qmax-bio): 113,330 m3/h

Caudal de recirculación unitario (Qrec): 140 m3/h/línea

Cota lámina de agua en el reactor biológico: 464,352

Cálculo del vertedero de salida del reactor biológico:

a. Dimensionado del vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Q: Caudal en vertedero (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

Longitud vertedero (L): 6 m

Q =Qmax-bio + Qrec: 253,330 m3/h/línea

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

De la expresión descrita anteriormente, se obtiene la altura de la lámina de agua sobre el vertedero:

Altura de la lámina de agua sobre vertedero: 34,378 mm

Cota coronación vertedero: 464,318

Arqueta de salida del reactor biológico:

Resguardo para evitar sumergencia: 0,100 m

Cota lámina de agua en arqueta de salida: 464,218

3.7. Conexión reactor biológico - decantador secundario.

Datos de partida

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 300 mm

Caudal max. unitario (qmax): 253,330 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 0,996 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota inicial lámina de agua: 464,218

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 9 m

Rugosidad de la tubería: 0,045 mm (acero comercial)

Coeficiente de uso: 1,1

Pérdida de carga

Q(m³/h)	Q(l/s)	v (m/s)	J(m/km)	DHt* (m)
253,330	70,369	0,996	2,766	0,027

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,5
Expansion brusca	1	0,5
Codos a 45º	0	0,19
Codos a 90º	2	0,33
Válvula de compuerta	0	0,3
Válvula de retención	0	2

b. Accidentes. Coeficiente total de accidentes: 1,660

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,084

c. Pérdida de carga total en la conducción

Pérdida de carga en tramo recto: 0,027 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,084 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,111 m

Cota lámina de agua a la salida: 464,107

3.8 Decantador secundario.

Datos de partida:

Nº de unidades: 1

Caudal máx. unitario de entrada (Qmax-bio+ Qrec) 253,33 m3/h/ud.

Caudal unitario de salida (Qmax-bio) 113,330 m3/h/ud.

Cota inicial lámina de agua: 464,107

Cálculo de la pérdida de carga en la salida de agua de la torreta central:

a. Pérdida de carga.

La pérdida de carga en un orificio inundado, atravesado por un caudal Q viene dado por la expresión:

q: Caudal que atraviesa el orificio (m3/h/orificio)

K: constante (Valor normal= 0,62)

g: aceleración de la gravedad (m/s)

h: diferencia de cota de la lámina de agua, aguas abajo (m)

S: sección del hueco (m2)

b. Definición de huecos.

nº de huecos: 4

Altura (h): 0,5 m

Anchura (b): 0,2 m

Sección (S): 0,1 m2

Caudal unitario (q): 63,333 m3/h/hueco

c. Cálculo de la pérdida de carga.

Pérdida de carga en orificios 0,004

Cota lámina de agua en Decantador (Cd): 464,102

Cálculo del vertedero del decantador:

a. Dimensionado del vertedero.

Según Thompson, la altura de la lámina de agua en vertederos de dientes triangulares de 90º, viene dada por la siguiente expresión:

q: Caudal unitario por diente (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

nº de dientes: 408,407 uds.

Diámetro del vertedero: 13 m

Longitud vertedero (L): 40,841 m

Caudal unitario (q): 0 m3/s

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

De la expresión descrita anteriormente, se obtiene la altura de la lámina de agua sobre el vertedero:

Altura de lámina de agua sobre vertedero (h): 0,020 m

Cota coronación vertedero salida de decantación: 464,083

Canal de salida agua clarificada de decantación:

Resguardo para evitar sumergencias: 0,1 m

Cota lámina de agua en canal de salida del recinto: 463,983

3.9. Conexión decantador secundario- arqueta de agua tratada.

Conexión cloración con arqueta de agua tratada:

Datos de partida:

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 200 mm

Caudal max. unitario (qmax): 113,330 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 1,002 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota inicial lámina de agua: 463,983

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 5 m

Rugosidad de la tubería: 0,045 mm (Acero comercial)

Coeficiente de uso: 1,100

Pérdida de carga

Q (m³/h)	Q (l/s)	v (m/s)	J (m/km)	DHt* (m)
113,330	31,481	1,002	4,576	0,025

b. Accidentes.

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,5
Expansion brusca	1	0,5
Codos a 45º	0	0,190
Codos a 90º	0	0,330
Válvula de compuerta	0	0,300
Válvula de retención	0	2

Coeficiente total de accidentes: 1

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,051

c. Pérdida de carga total en la conducción.

Pérdida de carga en tramo recto: 0,025 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,051 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,076 m

Cota máxima lámina de agua en arqueta de agua tratada: 463,906

Resguardo para adecuación al terreno: 0,085 m

Cota lámina de agua en arqueta agua tratada: 463,821

Cálculo del vertedero de salida de arqueta de agua tratada:

a. Dimensionado del vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Q: Caudal en vertedero (m3/h)

h: Altura de la lámina agua, aguas arriba del vertedero (m)

b. Definición del vertedero.

Longitud vertedero (L): 1,600 m

Q = Qmax-bio: 113,330 m3/h

c. Altura lámina de agua sobre vertedero.

La altura de la lámina de agua en vertederos lineales, viene dada por la siguiente expresión:

Altura de la lámina de agua sobre vertedero: 48,537 mm

Cota coronación vertedero: 463,773

Resguardo por adecuación al terreno: 0,801 m

Cota lámina de agua a la salida: 462,972

3.10. Vertido del efluente.

Conexión arqueta de agua tratada- pozo P2:

Datos de partida:

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 200 mm

Caudal max. unitario (qmax): 113,330 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 1,002 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota inicial lámina de agua: 462,972

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 19 m

Rugosidad de la tubería: 0,001 mm (PVC)

Coeficiente de uso: 1,1

Pérdida de carga

Q(m^3/h)	Q(l/s)	v(m/s)	J(m/km)	DHt*(m)
113,330	31,481	1,002	4,222	0,088

b. Accidentes.

Accidente		

	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,5
Expansion brusca	1	0,5
Codos a 45º	0	0,190
Codos a 90º	0	0,330
Válvula de compuerta	0	0,3
Válvula de retención	0	2

Coeficiente total de accidentes: 1

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,051

c. Pérdida de carga total en la conducción.

Pérdida de carga en tramo recto: 0,088 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,051 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,139 m

Cota lámina de agua en pozo P2: 462,833

Conexión pozo P2- pozo P3:

Datos de partida:

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 200 mm

Caudal max. unitario (qmax): 113,330 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 1,002 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota inicial lámina de agua: 462,833

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 12 m

Rugosidad de la tubería: 0,001 mm (PVC)

Coeficiente de uso: 1,100

Pérdida de carga

Q(m³/h)	Q(l/s)	v(m/s)	J(m/km)	DHt*(m)
113,330	31,481	1,002	4,222	0,056

b. Accidentes.

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,500
Expansion brusca	1	0,500
Codos a 45º	0	0,190
Codos a 90º	0	0,330
Válvula de compuerta	0	0,3
Válvula de retención	0	2

Coeficiente total de accidentes: 1

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,051

c. Pérdida de carga total en la conducción.

Pérdida de carga en tramo recto: 0,056 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,051 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,107 m

Cota lámina de agua en pozo P3: 462,726

3.10 Pozo de salida hasta punto de vertido:

Datos de partida:

Nº de líneas principales: 1

Diámetro interior tubería: 300 mm

Caudal max. (Qmax-pret): 200 m3/h/ud.

Velocidad del fluido: 0,786 m/s

Viscosidad cinemática del agua: 0 m2/s

Cota lámina de agua en pozo P3: 462,726

Cálculo de la pérdida de carga en la tubería:

a. Tramo recto.

Longitud de la tubería: 10 m

Rugosidad de la tubería: 0,001 mm (PVC)

Coeficiente de uso: 1,100

Pérdida de carga

Q(m³/h)	Q(l/s)	v(m/s)	J(m/km)	DHt*(m)
200	55,556	0,786	1,676	0,018

b. Accidentes.

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,500
Expansion brusca	1	0,500
Codos a 45º	0	0,190
Codos a 90º	0	0,330
Válvula de compuerta	0	0,300
Válvula de retención	0	2

Coeficiente total de accidentes: 1

Pérdida de carga en accidentes (m): 0,031

c. Pérdida de carga total en la conducción.

Pérdida de carga en tramo recto: 0,018 m

Pérdida de carga en accidentes: 0,031 m

Pérdida de carga total en tubería: 0,050 m

Cota lámina de agua a la salida:

Resguardo para adecuación al terreno: 1,320 m

Cota lámina de agua en vertido: 461,356

3.11. Resumen de la piezométrica. línea de agua.

Pozo de gruesos:

Cota lámina de agua en pozo de gruesos: 466,600

Cota solera del pozo de gruesos: 465,050

Tamizado de finos:

Cota lámina de agua en entrada a tamiz: 466,552

Cota lámina de agua en salida de tamiz: 465,752

Desarenado - Desengrasado:

Cota lámina de agua en recinto desarenado: 465,152

Cota coronación del vertedero de salida: 465,041

Cota lámina de agua en canal de salida del recinto: 464,941

Arqueta de reparto a biológico y alivio de excesos.

Cota lámina de agua en arqueta salida a biológico: 464,736

Cota coronación del vertedero de salida a biológico: 464,836

Cota lámina de agua en alivio de excesos: 464,841

Reactor biológico.

Cota lámina de agua en reactor biológico: 464,352

Cota coronación vertedero de salida del biológico: 464,318

Cota lámina de agua en arqueta de salida:

Decantador secundario.

Cota lámina de agua en decantador: 464,102

Cota coronación vertedero de salida: 464,083

Cota lámina de agua en canal de salida: 463,983

Arqueta de agua tratada.

Cota lámina de agua en arqueta: 463,821

Cota coronación del vertedero de salida: 463,773

Cota lámina de agua a la salida: 462,972

Vertido del efluente.

Cota lámina de agua en pozo de salida: 462,726

Cota de vertido: 461,356

4. Ejemplo de cálculo de bombeo.

4.1. Definición del pozo de bombeo.

Caudal máximo de entrada (Qmax): 72 m3/h

Nº máximo de líneas en servicio: 1

Altura máxima útil del pozo de bombeo (Hútil): 2,5m

Altura mínima para sumergencia de bombas (Hmín): 0,5m

Altura total del pozo de bombeo: 3m

Cota máxima lámina de agua en pozo de bombeo (Cl,máx): 71,85

Cota máxima de vertido (Cvertido): 918

Cota solera pozo de bombeo (Cpozo): 868,85

n la figura 1 se muestran las distintas cotas en el pozo de bombeo: (FALTAFIGURA)

4.2. Cálculo de la altura manométrica del bombeo.

La altura manométrica del bombeo se obtiene mediante la suma de la altura geométrica y la pérdida de carga en la impulsión:

Hm=Hgeo+DHi

donde:

Hgeo: Altura geométrica

DHi: Pérdida de carga en la impulsión

a. Altura geométrica (Hgeo)

Cota máxima de vertido: 918 m

Altura geométrica mínima (Hgeo,min): 46,15 m

Altura geométrica máxima (Hgeo,max): 48,65 m

b. Pérdida de carga en la tubería de impulsión (DHi):

La pérdida de carga en una tubería viene dada por la siguiente expresión:

En donde el primer término representa las pérdidas de carga debidas a la rugosidad de la propia tubería, y el sumatorio las debidas a los diversos accidentes en la impulsión.

L: longitud de la tubería (km)

i: pérdida de carga en la tubería (m/km)

K: coeficiente de uso

Ki: coeficiente de pérdida de carga de la singularidad

v: velocidad del fluido (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s2)

b.1 Datos de la impulsión

Caudal unitario a bombear: 72 m3/h

Diámetro interior tubería: 180 mm

Viscosidad cinemática del agua: 0,000001302 m2/s

b.1.1 Tramo recto

Longitud de la tubería: 715 m

Rugosidad de la tubería: 0,008 mm (PEAD)

Coeficiente de uso: 1,1

b.1.2 Accidentes

Accidente	nº uds.	Ki
Contracción brusca	1	0,5
Expansion brusca	1	0,5
Codos a 45º	9	0,19
Codos a 90º	8	0,33
Válvula de compuerta	1	0,3
Válvula de retención	1	2
Compuerta canal abierto	0	0,3

Coeficiente total de accidentes: 7,65

CÁLCULO CURVAS DEL SISTEMA1

Q	Q	v	J	Hm,min	Hm,max
(m³/h)	(l/s)	(m/s)	(m/km)	(m)	(m)
0	0	0	0	46,15	48,65
9	2,5	0,09824379	0,07815538	46,2152325	48,7152325
18	5	0,19648758	0,26405489	46,3727325	48,8727325
27	7,5	0,29473138	0,54162496	46,609858	49,109858
36	10	0,39297517	0,90414989	46,9213272	49,4213272
45	12,5	0,49121896	1,34747446	47,303872	49,803872
54	15	0,58946275	1,8686657	47,7551856	50,2551856
63	17,5	0,68770654	2,46550059	48,2735195	50,7735195
72	20	0,78595034	3,13621306	48,8574849	51,3574849

81	22,5	0,88419413	3,87935567	49,5059432	52,0059432
90	25	0,98243792	4,69371271	50,2179384	52,7179384

c. Curvas del sistema Máxima y Mínima

Las curvas del sistema se obtienen con los datos de caudales y las alturas manométricas (máximas y mínimas)

Hm,mín: Curva del sistema con la máxima lámina de agua en el pozo de bombeo, esto es, Hgeo, mín.

Hm,máx: Curva del sistema con la mínima lámina de agua en el pozo de bombeo, esto es, Hgeo, máx.

d. Curva de la bomba seleccionada

Se elige una bomba que sea capaz de suministrar el caudal máximo 72 m3/h a la altura manométrica máxima correspondiente calculada en el apartado c:51,36 m.

En la tabla siguiente se indican algunos puntos de la curva característica de la bomba seleccionada.

CURVA CARACTERÍSTICA

Bomba

Qu (l/s)	Qu (m3/h)	Hm (m)
12	43,2	50,3
18	64,8	49,2
20	72	48,8
22	79,2	48,5
24	86,4	48,1
26	93,6	47,7

e. Representación gráfica y cálculo de los puntos de trabajo extremos

Para determinar los puntos de trabajo extremos de funcionamiento de la bomba se representan gráficamente las curvas del sistema frente a la curva de la bomba seleccionada.

El punto intersección de las curvas Hbomba y Hmáx representa el punto de funcionamiento de la bomba cuando el pozo de bombeo alcanza su nivel más bajo (Hgeo,máx). De igual manera, el punto de intersección de las curvas Hbomba y Hmín representa el funcionamiento de la bomba en el nivel máximo de agua en el pozo (Hgeo,mín). Entre estos dos niveles se desplaza el punto de trabajo de la bomba.

Gestión de depuradoras

1. GESTIÓN DE EDAR

- Tareas multidisciplinares
- Gestión de Explotación.
- Gestión de Recursos Humanos.
- Gestión de Mantenimiento.
- Gestión de Compras.

2. GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS

- Necesidades del proceso
  - Cobertura de los distintos turnos de trabajo (24 h/día)
    - Mañana
    - Tarde
    - Noche
  - Cobertura diaria, incluidos sábados, domingos y festivos (365 días/año)
- Limitaciones Legales.
  - Sujetos a convenios(1674h/año).
  -
  - 30 días de vacaciones al año.
  -
- Limitaciones Técnicas.
- Para cubrir un turno de 24 h durante una semana, hacen falta como mínimo 5 personas.
- Necesidades diarias
  - Nº de Oficiales

- Mañana 1Of.
- Tarde 1 Of.
- Noche 1 Of.

- Nº de horas Of.
  -
  -

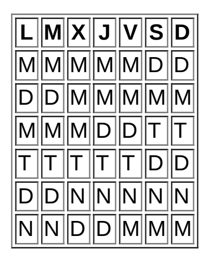
Teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente expuestas (Recursos 1674 h/año), el Nº de operadores de proceso será.

Of. Requeridos =7,38 » 8 Of.

Elaboración de cuadrantes de turnos de trabajo.

Tres turnos de trabajo de 8 horas. (La dotación mínima es de 5 operarios/día).

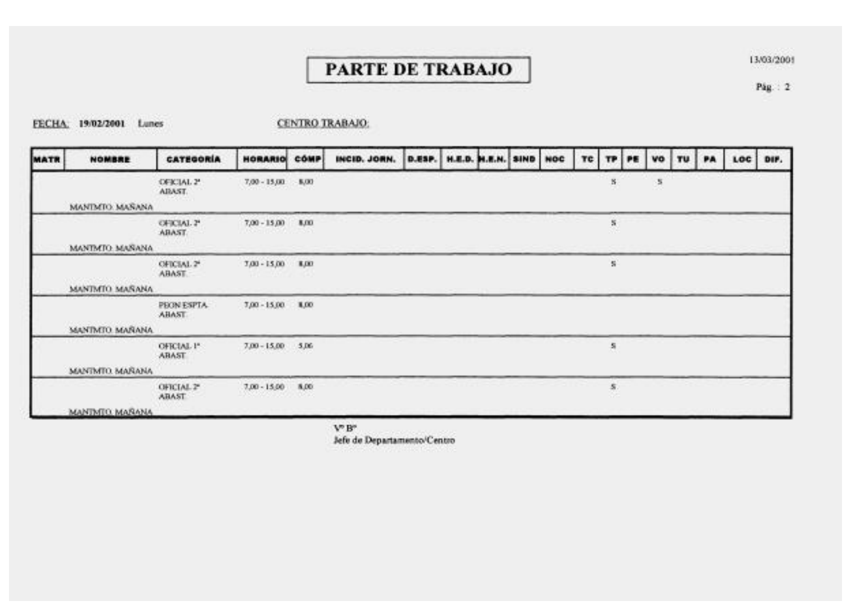
Ejemplo de cuadrante de trabajo semanal



L	M	X	J	V	S	D
M	M	M	M	M	D	D
D	D	M	M	M	M	M
M	M	M	D	D	T	T
T	T	T	T	T	D	D
D	D	N	N	N	N	N
N	N	D	D	M	M	M

- Relaciones con el personal de planta.
  - El Jefe de explotación va a ser el nexo de unión entre el personal de planta y el resto de departamentos de la empresa.
  - Parte de las tareas administrativas referentes a personal recaen sobre el Jefe de explotación.
- Informe de accidente.
  - Entrevista con el accidentado.
  - Fecha y localización del accidente.
  - Causas que motivaron el accidente.
  - Prendas se seguridad que vestía el accidentado en el momento
  - del accidente.
- Cumplimentación del informe de accidente
  - Datos provenientes de la entrevista.
  - Medidas de seguridad existentes en el lugar del accidente....

PARTE DEL TRABAJO



PARTE DE TRABAJO

13/03/2001

Pág. : 2

FECHA: 19/02/2001 Lunes CENTRO TRABAJO:

MATR	NOMBRE	CATEGORÍA	HORARIO	COMP	INCID. JORN.	D.ESP.	H.E.D.	H.E.N.	SIND	NOC	TC	TP	PE	VO	TU	PA	LOC	DIF.
	MANTMTO. MAÑANA	OFICIAL 2ª ABAST.	7,00 - 15,00	8,00								S		S				
	MANTMTO. MAÑANA	OFICIAL 2ª ABAST.	7,00 - 15,00	8,00								S						
	MANTMTO. MAÑANA	OFICIAL 2ª ABAST.	7,00 - 15,00	8,00								S						
	MANTMTO. MAÑANA	PEON ESPTA. ABAST.	7,00 - 15,00	8,00														
	MANTMTO. MAÑANA	OFICIAL 1ª ABAST.	7,00 - 15,00	5,06								S						
	MANTMTO. MAÑANA	OFICIAL 2ª ABAST.	7,00 - 15,00	8,00								S						

Vº Bº
Jefe de Departamento/Centro

3. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

- Detección de la avería.
  - Mediante examen de los partes de proceso.
  - Mediante la observación de los distintos sistemas.
- Comunicación de la avería.
  - Jefe de explotación.
  - Personal del centro.
- Generación del parte de avería.
  - Una vez detectada la anomalía se genera este parte. (Lo genera quien detecta la anomalía).



PARTE DE AVERÍA

PRIORIDAD:URGENTE (2) ☐ PRIORITARIO (1) ☐ NORMAL (0) ☐

EQUIPO:

UBICACIÓN:

S.T.: ___ / ___ PERSONA QUE AVISA:

FECHA: __/__/__

DESCRIPCIÓN DE LA O.T.:

SOLICITANTE	FECHA DE TERMINACIÓN	Vº.Bº REPARACIÓN (JEFE DE PLANTA EDAR)
Vº.Bº. JEFE DE PLANTA	Vº.Bº. JEFE DE SECCIÓN (MANTENIMIENTO EDAR)	FECHA

- Generación de la solicitud de trabajo.
  - Con el parte de avería se genera la solicitud de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO

Código O.T.:
Fecha Emisión:
Fecha Prevista:

Ejecutor: Prioridad: Urgente
Equipo:
Centro:
Ubicación:
Gama:
Descripción O.T.:

S.T.: Persona Avisa : Avisado : A las

Permiso: Cond.Equipo: De Planta:

Trabajos a Realizar:

Trabajos Realizados:

Horas Parada Equipo	Del Sistema:	De Planta:

Operario	Categoría	Cód.Contrata	Horas 01	Horas 02	Horas 03	Horas 04	Fecha

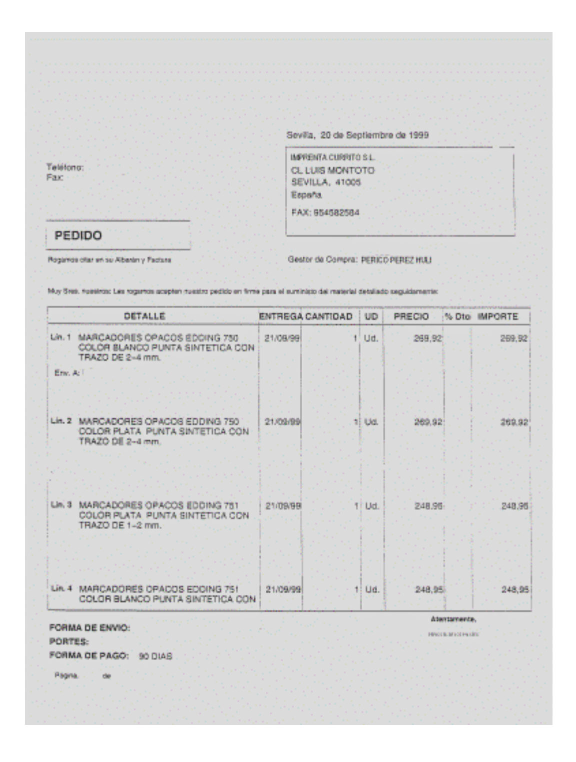
Maquinaria	Horas	Material / Repuesto	Cantidad

Fecha Inicio	Hora Inicio	Fec. Finalización	Hora Final	Fecha Cierre

Firma Ejecutor	Firma Jefe Sección	VºBºSolicitante

4. GESTIÓN DE COMPRAS

- Necesidad de material.
- Elaboración de una solicitud de material.
- Reserva de fondos para la compra.
- Aprobación de la solicitud.
- Generación de pedido de compra.
- Recepción del material.
- Elaboración de la solicitud de trabajo.
- Aplicación informática.
- Búsqueda de artículos en la BD.
- Generación de distribuciones para cada artículo.
- Reserva de fondos para la solicitud.
- Aprobación de la solicitud.
- Pedido de compra.
- Es generado por el DPTO. de compras, y enviado al proveedor.



Sevilla, 20 de Septiembre de 1999

Teléfono:
Fax:

IMPRENTA CURRITO S.L.
CL LUIS MONTOTO
SEVILLA, 41005
España
FAX: 954582584

PEDIDO

Rogamos citar en su Albarán y Factura

Gestor de Compra: PERICO PEREZ HULI

Muy Sres. nuestros: Les rogamos acepten nuestro pedido en firme para el suministro del material detallado seguidamente:

	DETALLE	ENTREGA	CANTIDAD	UD	PRECIO	% Dto	IMPORTE
Lin. 1	MARCADORES OPACOS EDDING 750 COLOR BLANCO PUNTA SINTETICA CON TRAZO DE 2-4 mm. Env. A:	21/09/99	1	Ud.	269,92		269,92
Lin. 2	MARCADORES OPACOS EDDING 750 COLOR PLATA PUNTA SINTETICA CON TRAZO DE 2-4 mm.	21/09/99	1	Ud.	269,92		269,92
Lin. 3	MARCADORES OPACOS EDDING 751 COLOR PLATA PUNTA SINTETICA CON TRAZO DE 1-2 mm.	21/09/99	1	Ud.	248,95		248,95
Lin. 4	MARCADORES OPACOS EDDING 751 COLOR BLANCO PUNTA SINTETICA CON	21/09/99	1	Ud.	248,95		248,95

FORMA DE ENVIO:
PORTES:
FORMA DE PAGO: 90 DIAS

Atentamente,

Página de

- Recepción de pedido
  - Comprobación de la mercancía
  - Estado
  - Correspondencia con lo pedido
  - Tiempo y forma
  - Recepción.
- Aplicación informática.

Contaminación industrial

1. Contaminación

Definición: Impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas.

La contaminación ha ido en aumento desde la Revolución Industrial, pero hasta hace poco sus efectos, como la lluvia ácida, no han producido alarma internacional.

1.1 Emisiones de chimeneas industriales

Cerca de las fábricas, se producen daños adicionales por deposición de partículas de mayor tamaño en forma de precipitación seca.

Las nubes pueden llevar los contaminantes a grandes distancias, dañando bosques y lagos muy alejados de las fábricas en las que se originaron.

Los bosques, lagos, estanques y otros ecosistemas terrestres y acuáticos del mundo sufren graves daños ocasionados por la lluvia ácida.

1.2 Lluvia ácida

Ésta se origina por la combinación, con la humedad atmosférica, de los óxidos de azufre y nitrógeno que se emiten a la atmósfera, originando ácidos sulfúrico y nítrico. La lluvia ácida, además de quemar las hojas de las plantas también acidifica el agua de los lagos dejando sin vida muchos de estos ecosistemas acuáticos.

1.3 Calentamiento global. Efecto Invernadero

Debido al uso de combustibles fósiles y a otros procesos industriales

“Acumulación de gases invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y clorofluorocarbonos) en la atmósfera”.

1.4 SMOG

Mezcla de niebla con partículas de humo, formada cuando el grado de humedad en la atmósfera es alto y el aire está tan quieto que el humo se acumula cerca de su fuente.

El smog reduce la visibilidad natural y, a menudo, irrita los ojos y el aparato respiratorio.

1.5 Vertidos de Petróleo (Mareas Negras)

Rrepresentan un grave problema, ya que una vez producidos, es casi imposible eliminarlos o contenerlos por completo.

Dado que el agua y el petróleo no se mezclan, éste flota sobre el agua y acaba contaminando las costas.

El intento de tratar químicamente o hundir el crudo puede alterar aún más los ecosistemas marinos y costeros.

2. Contaminación del agua

Cada año mueren unos 10 millones de personas en el mundo por beber agua contaminada.

2.1 Fuentes Contaminación del Agua

Los trabajos agrícolas y ganaderos pueden producir una contaminación muy grave de las aguas de los ríos y los acuíferos. Los principales causantes son los vertidos de aguas cargadas de residuos orgánicos, procedentes de las labores de transformación de productos vegetales, o de los excrementos de los animales.

- Muchas industrias, como la papelera, textil y siderúrgica, necesitan agua para desarrollar su actividad. La consecuencia es el vertido de aguas residuales cargadas de materia orgánica, metales, aceites industriales e incluso radiactividad.
- Para evitar los problemas que pueden causar los contaminantes de las aguas residuales existen sistemas de depuración que sirven para devolverles las características físicas y químicas originales.

2.2 Principales contaminantes del agua

Los residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

- Agentes infecciosos.
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El ruido, el calor y el movimiento también son formas de contaminación que alteran los ciclos vitales.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.
- La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos
- Se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves

La contaminación química de los ríos y arroyos procede de:

- Fuentes identificables, como fábricas, refinerías o desagües de aguas residuales.
- No puede identificarse con precisión, como las escorrentías de la agricultura o la minería o las filtraciones de fosas sépticas o depuradoras.

2.3 Naturaleza de las aguas residuales

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes.

Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

2.3.1Origen

Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

2.3.2 Cantidad

La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga.

2.3.3 Tipos de vertidos industriales

La clasificación se puede hacer según diferentes criterios:

- Composición en elementos contaminante.
- Características de dichos elementos,
- Los procesos en los que se originan, etc..
- Secuencia de tiempo en la que se generan
- Vertidos Continuos: Provienen de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua, como son el transporte, lavado, refrigeración....
- Vertidos Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados como el caso de los baños de curtido, lejías negras, emulsiones, etc. Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

2.3.4 Clasificación de las industrias según sus vertidos.

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos.
- Industrias con efluentes con materias en suspensión.
- Industrias con efluentes de refrigeración.

2.3.5 Contaminación Característica de la Industria.

Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada, por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar

- su carga contaminante
- su incidencia en el medio receptor

Industria Papelera.

- Color
- Materia en suspensión y decantable
- Contaminación orgánica
- pH en algunos casos

La ganadería comercial y las granjas avícolas

- Contaminación orgánica e inorgánica.

Industria Lechera.

- Contaminación orgánica

Industria del Curtido.

- Alcalinidad
- Materia en suspensión y decantable
- Contaminación orgánica
- Sulfuros
- Cromo

Refinerías

- Aceites
- Materia orgánica
- Fenoles
- Amoníaco
- Sulfuros

Industrias de Acabado de Metales.

- pH
- Cianuros
- Metales, según el proceso de acabado

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas.

El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales.

El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

2.3.6 Composición

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas.

Las mediciones más comunes incluyen:

- El contenido en sólidos
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)
- La demanda química de oxígeno (DQO) *El pH.

2.4 Objetivos de la caracterización del Efluente Industrial:

En determinados casos, también será necesario determinar el grado de toxicidad de los efluentes e identificar las sustancias responsables de dicha toxicidad.

La toma de muestra de los efluentes para el análisis de estos parámetros, debe llevarse a cabo en condiciones adecuadas, condiciones que se encuentran recogidas en los manuales estandarizados de analítica.

Los puntos de muestreo han de ser significativos.

Diseño de proceso de tratamientos de aguas industriales

1. CONTACTO CON EL CLIENTE. TOMA DE MUESTRA.

Primera fase PFI WEC Departemento Comercial

- Detecta la necesidad de EDARI en una industria.
- Ofrece la posibilidad de estudio

Segunda fase PFI WEC Departamento técnico

- Estudia el proceso productivo.
- Analiza los puntos de vertido y la periodicidad de los mismos.
- Minimización, segregación y reutilización de vertidos .
- Realiza una toma de muestra de un agua representativa.

2. ANÁLISIS DE VERTIDOS. ENSAYOS TRATABILIDAD

Caracterización del agua -------------------> Laboratorio

- Estudio de los parámetros del vertido
- Resultados de analíticas

Vertido estándar del sector -------------------> Regulación

Vertido especial -------------------> Ensayos de tratabilidad

Ensayos de tratabilidad -------------------> Departamento de I+D

2.1 Tratamiento físico- quimico:

- Obtención de los procesos de coagulación.
- Optimización de los reactivos a utilizar
- Optimización de las dosis

2.2 Tratamiento biológico aerobio:

- Ensayo de degradabilidad.
- Obtención de parámetros de diseño

2.3 Tratamiento biológico anaerobio:

- Ensayo de degradabilidad.
- Obtención de parámetros de diseño.

3. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.

En líneas generales una EDARI consta de: **1. Pozo de bombeo.**

- Dimensionamiento del pozo
- Selección de las bombas

2. Desbaste de gruesos.

- Selección del sistema

3. Selección del tamiz.

- Selección del tamiz

4. Desengrase.

- Dimensionamiento de la cámara de aireación
- Elección de los equipos de aireación
- Dimensionamiento de la cámara de tranquilización
- Diseño del sistema de recogida de grasas

5. Balsa de homogeneización.

- Dimensionamiento de la balsa
- Necesidad de agitación: equipos
- Necesidad de aireación : equipos

6. Ajuste de pH

- Dimensionamiento de la cámara de control de pH
- Necesidad de agitación: equipos.
- Sistema de dosificación de reactivos: equipos

7. Tratamiento principal.

- Tratamiento físico- químico **
    - Diseño del sistema de preparación de reactivos
    - Lección del sistema de separación de fangos:

Por Decantación -------------------> diseño

Por flotación -------------------> diseño

- Tratamiento biológico aerobio:
    - Elección del tipo de reactor
    - Diseño del sistema biológico
    - Elección del sistema biológico
    - Elección del sistema de separación de fangos:

Por Decantación -------------------> diseño

Por Flotación -------------------> diseño

- Tratamiento biológico anaerobio anaerobio:
    - Elección del tipo de reactor
    - Elección del sistema de agitación

8. Línea de tratamiento de fangos

- Inertización de fangos:
    - Por estabilización biológica.
    - Por inertización quimifica
- Espesamiento de fangos por medios mecánicos:
    - Mediante filtro banda
    - Mediante filtro prensa
    - Mediante centrifuga

Secado térmico de fangos **9. Instalaciones comunes.**

- Bombeo intermedio
- Elección de tubería y valvuleria
- Automatismo y control
    - Interruptores de nivel
    - Medidores de caudal

    - Medidores de oxigeno disuelto
    - Ph – metros
    - Redoxymetros
- Instalación neumática
- Instalación eléctrica
- Cubetos para reactivos químicos
- Escaleras y elementos de tránsito
- Accesos

4. PROYECTO FINAL. INGENIERÍA DE DETALLE.

- Tiene lugar la fase de desarrollo del proyecto aceptado.
- Replanteo.
- Comprobación de los datos de partido (Q, DQO, …).
- Realización del planning de obra.
- Petición de los equipos por parte de Dpto. de Compra.
- Fabricación de los equipos por parte de Fábrica

5. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA EDARI

- Realización de los planos de instalación
- Instalación y anclaje de los equipos.
- Instalación de las tuberías y los accesorios necesarios.
- Tirado de la acometida eléctrica
- Conexionado de los equipos
- Conexionado del cuadro eléctrico
- Pruebas hidráulicas
- Pruebas eléctricas
- Realización del curso de formación al personal de la industria
- Entrega de la planta

6. MANTENIMIENTO

El departamento de Mantenimiento y explotación hace un estudió personalizado, realizando tras él un cuaderno de carga para la EDARI, y ofreciendo:

- Mantenimiento integral
- Mantenimiento parcial
- Asesoramiento técnico
- mantenimiento predictivo

7. VALORACIÓN ECONÓMICA.

Hay que tener en cuenta diferentes aspectos: **Coste de la EDARI:**

- Equipos
- Material de instalación mecánica
- Material de instalación eléctrica
- Mano de obra para la instalación
- Mano de obra para la puesta en marcha
- Siembra de fangos para el arranque biológico
- Analíticas de control en la puesta en marcha
- Analíticas finales

Consumo eléctrico:

- Costos a fijos por potencia instalada
- Costos variables por potencia consumida

Gastos de reactivos.

Gastos en gestión de fangos

Gastos de personal para el mantenimiento.

Proceso de potabilización de las aguas

2.OXIDACIÓN

2.1Objetivos

Eliminación de sustancias disueltas (minerales, orgánicas, ...) supresión de olores, sabores y germenes..

3. TRATAMIENTO

3.1 Coagulantes

- Agrupan las partículas coloidales, por atracción de cargas
- Los más usados, sulfatos, polihidroxicloruros y cloruros de alúmina o de hierro.
- Ensayar en laboratorio diversos tipos (jartest)

3.3 Tipos de decantadores

- Decantadores estáticos
- Decantadores por contacto de fangos (acelator, turbocirculator)
- Decantadores de lecho de fangos (pulsator)

4. FILTRACIÓN

5. ACONDICIONAMIENTO FINAL

5.1 Ajuste de pH

- Necesario para evitar incrustaciones y corrosiones en la red
- Aumento de pH: hidróxido sódico, hidróxido cálcico, carbonato sódico
- Disminución de pH: ac. sulfúrico, ac. clorhídrico, anhídrido carbónico

5.2 Fluoración

- Usado por recomendación sanitaria, no necesario para la potabilidad
- El agente más usado es el ac. fluosilísico (líquido), dosificación segura
- Otros productos fluoruro sódico, fluosilicato sódico (polvos)

5.3 Desinfección

- Asegura sanitariamente las aguas distribuidas
- El agente más usado es el cloro en sus distintas formas
- El ozono resulta más eficaz, aunque también es más caro y peligroso

6. RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS DE PROCESO

6.2 Consideraciones previas al diseño

- Caracterizar los vertidos, para determinar el tratamiento adecuado
- Prever trabajar a un régimen estable, evitando puntas de vertido y....

6.3 Procesos utilizados

- Desarenador
- Cámara de laminación
- Tratamiento físico-químico (coagulación, floculación)
- Decantación
- Espesador de fangos
- Deshidratación de fangos (centrífugas, filtros bandas, filtros prensa,..

Licencia